

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Modelo de Geomarketing e Estatística Espacial para Gestão das Recolhas do
Instituto Português do Sangue e da Transplantação**

Daniela Alexandra de Oliveira Figueiredo

Relatório de Estágio orientado pelo Prof. Doutor Jorge Rocha
e coorientado pelo Dr. Miguel Marques

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e
Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento

2016



**Modelo de Geomarketing e Estatística Espacial para Gestão das Recolhas do
Instituto Português do Sangue e da Transplantação**

Daniela Alexandra de Oliveira Figueiredo

Relatório de Estágio orientado pelo Prof. Doutor Jorge Rocha
e coorientado pelo Dr. Miguel Marques

Júri:

Presidente: Doutor Paulo Alexandre Morgado Sousa, Professor Auxiliar do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território;

Vogais:

- Doutor Jorge Ricardo da Costa Ferreira, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa;
- Licenciada Sandra Isabel Neto Baía, Assessora Principal do Instituto Português do Sangue e da Transplantação;
- Doutor Fernando Jorge Pedro da Silva Pinto da Rocha, Professor Auxiliar do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território.

ÍNDICE

1	Introdução	1
1.1	Sangue.....	3
1.2	Transfusões de sangue.....	4
1.3	Instituto Português do Sangue e da Transplantação, IP.....	6
1.4	Critérios de seleção de dadores de sangue	8
1.5	Mapidea	9
1.6	Marketing	9
1.7	Geomarketing.....	10
1.8	Área de Estudo	13
2	Modelos Clássicos de Localização	15
2.1	Teoria dos Anéis Concêntricos de von Thünen	15
2.2	Teoria da Localização industrial de Weber	28
2.3	Teoria dos Lugares Centrais de Christaller e Lösch	39
3	Modelos de localização em Geomarketing	45
3.1	Decadência com a distância.....	45
3.2	Modelos gravíticos	46
3.2.1	Lei de Reilly e Modelo de Huff.....	50
3.3	Modelos de interação espacial	54
3.3.1	Modelos de localização-alocação.....	57
4	Geografia e SIG.....	71
4.1	SIG e saúde	73
4.2	Relevância dos SIG na saúde pública.....	74
4.3	Avanços das aplicações SIG em saúde pública	77
4.4	Questões inerentes à utilização dos SIG.....	78
4.5	WebSIG	79
4.6	WebSIG do IPST: MAPIDEA LOCATION ANALYTICS	82
4.6.1	Principais funcionalidades.....	83
4.6.2	Obtenção da Informação.....	84
4.6.3	Construção de uma base de dados em Microsoft Access	87
4.6.4	Geocodificação	88
4.6.5	Informação Geocodificada	91
4.6.6	Associação de tabelas	91
4.6.7	Informação utilizada	93
4.6.8	Carregamento e Disponibilização da Informação	94
4.6.9	Material disponibilizado	96

4.6.10	Criação de utilizadores	98
4.6.11	Análise de suporte à decisão	98
5	Análise e Estatística Espacial	103
5.1	Análise preliminar dos dados - IPST	104
5.2	Análise de potencial	124
5.3	Análise de densidades	128
5.3.1	Índice de Moran	128
5.3.2	Análise de <i>hot spots</i> (Getis-Ord Gi*)	130
5.3.3	Densidade de <i>Kernel</i>	131
5.4	Áreas de Influência	135
5.4.1	Áreas de influência oficiais	135
5.4.2	Áreas de influência por raio de distância	138
5.4.3	Áreas de influência através da rede viária.....	139
5.4.4	Áreas de Influência através do Modelo de Huff	141
5.5	Modelo de localização-alocação	143
6	Considerações Finais	148
	Bibliografia	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Esboço de um coração humano, por Leonardo Da Vinci. Windsor, Reino Unido (ElMaghawry et al., 2014).....	4
Figura 1.2 - Cronograma da história das transfusões de sangue.....	6
Figura 1.3 - Ramos do conhecimento que contribuíram no surgimento do Geomarkting, segundo ordem cronológica (adaptado de Cavion e Philips, 2006).	11
Figura 1.4 - Centros de sangue e postos fixos de dádiva de sangue de Portugal Continental.	13
Figura 2.1 - Renda versus distância do mercado.....	16
Figura 2.2 - Rendimento versus intensidade de produção (A) e intensidade de produção versus distância (B).....	17
Figura 2.3 - Renda versus distância para diferentes intensidades de produção.	18
Figura 2.4 - Anéis de intensidade de cultivo para uma simples cultura.....	19
Figura 2.5 - Rendas para dois usos do solo alternativos.	20
Figura 2.6 - Rendas de diferentes usos do solo e respetivos limites de uso.	22
Figura 2.7 - Anéis de von Thünen para diferentes usos do solo (A) e um exemplo de um sistema de anéis (cores diferentes representam diferentes culturas) (B).....	22
Figura 2.8 - Rendas para culturas de diversas intensidades.....	23
Figura 2.9 - Teoria dos raios concêntricos de Von Thünen.....	24
Figura 2.10 - Anéis de von Thünen modificados: (A) variando o custo de transporte e (B) variando o preço dos cereais.....	25
Figura 2.11 - Rede de Kohl. O tracejado subdivide-a em segmentos idênticos.	26
Figura 2.12 - Grelha de base de uma análise de von Thünen baseada em zonas (A) e uma representação matricial dos anéis de von Thünen (B).	26
Figura 2.13 - Problema básico de Weber (A) e localização ótima de uma indústria (B).	29
Figura 2.14 - A solução de Varignon.	30
Figura 2.15 - Solução geométrica (A) e solução para o caso de haver mais do que duas fontes de material (B).	31
Figura 2.16 - Diagrama correspondente à Teoria da localização das indústrias (adaptado de Weber, A., 1929)	34
Figura 2.17 - Isodapanas e economias de aglomeração: iguais custos de transporte (A) e custos mais elevados em P2 (B).	36
Figura 2.18 - Teoria dos Locais Centrais. (Christaller, 1933).....	39
Figura 2.19 - Construção de uma paisagem de Losh.	41
Figura 2.20 - Uma paisagem de Losh.....	42
Figura 3.1 - Curvas e transformações do decréscimo com a distância.	45

Figura 3.2 - Modelo de Isard.....	47
Figura 3.3 - Analogia da lei de Reilly com a lei da gravitação universal.....	51
Figura 3.4 - Minimização da distância sem (A) e com (B) pontos de procura agrupados.....	60
Figura 3.5 - Métodos de cálculo da impedância.	63
Figura 3.6 - Exemplos de circunferências discretas e contínuas no contexto da distância de Manhattan (A) Diferenças entre a distância de Manhattan (azul, amarelo e vermelho) e a distância Euclidiana (verde) (B).....	65
Figura 4.1 - Casos de cólera durante a epidemia em Londres em 1854 (adaptado de Snow, 1855, 1994).....	75
Figura 4.2 - A arquitetura mais simples de um <i>WebS/G</i> , com um servidor e um cliente, que pode ser um navegador Web, aplicação de desktop ou aplicação móvel. O servidor e o cliente comunicam via HTTP. Adaptado de Fu & Sun (2011)	80
Figura 4.3 - Relação da <i>Mapidea Location Analytics</i> com os utilizadores.....	82
Figura 4.4 - Arquitectura lógica da <i>Mapidea Location Analytics</i>	83
Figura 4.5 - Fatores que levam ao aumento do uso de da geocodificação no âmbito da saúde pública. (adaptado de Rushton <i>et al.</i> , 2008).....	90
Figura 4.6 - Associação de tabelas através do código de município.....	92
Figura 4.7 - <i>WebS/G</i> IPST-Mapidea.....	99
Figura 4.8 - Passos para criar um mapa de comparação. Em manual IPST-Mapidea.....	99
Figura 4.9 - Passos para criar um filtro. Em manual IPST-Mapidea.....	100
Figura 4.10 - Passos para criar uma nova métrica (cálculo). Em manual IPST-Mapidea....	100
Figura 4.11 - Passos para partilhar análises. Em manual IPST-Mapidea.....	101
Figura 5.1 - Centros de Sangue do IPST.....	103
Figura 5.2 - População residente com idade para dar sangue (20-64 anos), por município, 2014.....	104
Figura 5.3 - População residente entre os 20 e os 35 anos, por município (A) e percentagem de população jovem (20 – 35 anos) por município (B), 2014.....	105
Figura 5.4 - <i>Top 5</i> de municípios com mais residentes entre os 20 e os 35 anos (A) e com maior percentagem de população jovem (20 – 35 anos) (B).	105
Figura 5.5 - Distribuição da população que trabalha ou estuda no município, 2011.	106
Figura 5.6 - Dadores regulares por município (A) e novos dadores por município (B), 2014.	107
Figura 5.7 - <i>Top 5</i> de municípios com maior número de dadores regulares (A) e de novos dadores (B).	107
Figura 5.8 - Comparação entre dadores regulares e novos dadores por município (A) e municípios que obtiveram mais dadores novos do que dadores regulares, por ordem decrescente de número de novos dadores (B), 2014.	108

Figura 5.9 - Taxa de fidelização de dadores, 2014.	109
Figura 5.10 - Taxa de captação de dadores, 2014.	110
Figura 5.11 - Municípios com maior potencial de captação de dadores (mais de 50 000 residentes com idade para ser dador e menos de 1 000 dadores regulares).....	111
Figura 5.12 - Total de dádivas entre os anos 2008 e 2014. (IPST, 2014)	111
Figura 5.13 - Percentagem de dádivas aprovadas e reprovadas por Centro de Sangue. ...	112
Figura 5.14 - Total de dádivas por Centro de Sangue.	112
Figura 5.15 - Percentagem de dádivas aprovadas e reprovadas por mês.	113
Figura 5.16 - Total de brigadas e respetivo número de dádivas recolhidas por mês.....	113
Figura 5.17 - Distribuição mensal de dádivas por município, 2014.	114
Figura 5.18 - Total de dádivas por município, 2014.	115
Figura 5.19 - <i>Top 10</i> de municípios com maior número de dádivas recolhidas.....	116
Figura 5.20 - <i>Top 10</i> de municípios com maior taxa de aprovação e respetivo total de dádivas.....	116
Figura 5.21 - Taxa de aprovação de dádivas por município e respetivo total de dádivas aprovadas, 2014.....	117
Figura 5.22 - <i>Top 10</i> de municípios com maior taxa de reprovação e respetivo total de dádivas.....	117
Figura 5.23 - Taxa de reprovação por município e respetivo total de dádivas reprovadas, 2014.	118
Figura 5.24 - <i>Top 10</i> de associações de dadores com maior número de dádivas recolhidas.	119
Figura 5.25 - <i>Top 10</i> de associações de dadores com menor número de dádivas recolhidas.	119
Figura 5.26 - <i>Top 10</i> de associações com maior taxa de aprovação e respetivo número de dádivas.....	120
Figura 5.27 - <i>Top 10</i> de associações com maior taxa de reprovação e respetivo número de dádivas.....	120
Figura 5.28 - <i>Top 10</i> de associações com maior número de brigadas realizadas e respetivo número de dádivas por brigada.	121
Figura 5.29 - <i>Top 10</i> de municípios com maior número de brigadas distintas e número de dádivas por brigada.....	122
Figura 5.30 - Total de brigadas distintas realizadas por município.	122
Figura 5.31 - <i>Top 10</i> de brigadas com maior número de dádivas recolhidas.....	123
Figura 5.32 - Dádivas por brigada e por municípios e municípios onde se localizam as 10 brigadas onde foi recolhido um maior número de dádivas.....	123
Figura 5.33 - Resultados das correlações de Pearson efetuadas.....	125

Figura 5.34 - Resíduos da regressão múltipla.	128
Figura 5.35 - Distribuição normal dos <i>p-values</i> e <i>z-scores</i> (ArcGIS help).	129
Figura 5.36 - Clusters espaciais.	130
Figura 5.37 - Postos fixos e brigadas móveis.	132
Figura 5.38 - Diferenciação entre Dispersão e Aglomeração.	133
Figura 5.39 - Método para se obter a distância máxima de modo a garantir 1 vizinho.	133
Figura 5.40 - Pico máximo para as brigadas móveis (A) e para os postos fixos (B).	134
Figura 5.41 - Densidade de <i>Kernel</i> para as brigadas móveis (A) e para os postos fixos (B).	135
Figura 5.42 - Número de hospitais com influência em cada município de Portugal Continental.	136
Figura 5.43 - Municípios abrangido pelas áreas de influência dos centros de dádiva de sangue fixos localizados em hospitais.	137
Figura 5.44 - Municípios abrangidos a 5, 10 e 15 km de um posto fixo.	138
Figura 5.45 - Tempo de viagem desde os centros de dádiva de sangue fixos.	140
Figura 5.46 - Áreas de Influência através do modelo de Huff.	141
Figura 5.47 - Densidade de população com idade para dar sangue por área de influência.	142
Figura 5.48 - Top 10 de centros de dádiva de sangue cuja área de influência tem maior densidade de população com idade para ser dador.	142
Figura 5.49 - Postos fixos escolhidos e área de influência a 30 minutos.	144
Figura 5.50 - Postos fixos escolhidos e área de influência a 45 minutos.	145
Figura 5.51 - Postos fixos escolhidos e área de influência a 60 minutos.	146

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 - Compatibilidades sanguíneas (IPST)	5
Quadro 3.1. Métodos de locação alocação (ArcGIS help).	67
Quadro 4.1 - Diferentes definições de Geocodificação (Goldberg, 2008)	89
Quadro 4.2 - Informação Utilizada	93
Quadro 4.3 - Temas e atributos contidos na <i>Mapidea Location Analytics</i> e disponibilizados ao IPST	97
Quadro 5.1 - Interpretação dos valores das correlações. (Hinkle et al., 2003)	125
Quadro 5.2 - Coeficientes da regressão.	127
Quadro 5.3 - Resultado da análise do índice de Moran.	129
Quadro 5.4 - Diferenças entre a população residente, residente em áreas urbanas e que estuda/trabalha nos municípios abrangidos pelas áreas de influência dos centros de dádiva fixos localizados em hospitais.	137
Quadro 5.5 - População residente, população residente com idade para dar sangue e população residente com idade para dar sangue pela 1ª vez por classe de distância.	139
Quadro 5.6 - População residente e urbana a 30, 60 e mais de 60 minutos de um posto fixo de dádiva de sangue	140
Quadro 5.7 - Parâmetros do modelo de localização-alocação.....	143

RESUMO

Entende-se que os métodos formais de análise estatística de séries temporais estão bem desenvolvidos e adaptados ao estudo das dádivas de sangue. No entanto, têm sido disponibilizadas poucas ferramentas que possibilitem o estudo de um aspeto igualmente importante – a geografia destes fenómenos. É então objetivo principal deste estágio apoiar a gestão de dádivas de sangue por parte do Instituto Português do Sangue e da Transplantação (IPST) utilizando dados geográficos. Aqui, foram identificados quatro pontos fulcrais de atuação: i) facilitar a autossuficiência em sangue; ii) obter maior especificidade na colheita; iii) fomentar uma mudança de paradigma da colheita; e iv) criar um novo modelo de relacionamento com as associações de dadores. Estrategicamente, o IPST pretende implementar a “utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para potenciar mudança e a modernização administrativa através da integração dos sistemas de informação (SI), aumentando-se a sua fiabilidade e interoperabilidade” onde este projeto se enquadra.

A autossuficiência de sangue a nível nacional é conseguida pela contribuição do IPST e de alguns hospitais que realizam colheitas, sendo o IPST responsável por cerca de 72% das mesmas. O IPST conta com a ajuda de associações de dadores, mas a falta de controlo e a dependência do trabalho das mesmas pode provocar constrangimentos ao instituto. Com isto, a promoção e o planeamento de brigadas e promoções de dádiva terão de passar de um controlo regional para um de âmbito nacional.

O estágio contou com duas componentes principais. Na primeira, foi disponibilizada informação ao IPST, numa plataforma *WebSIG* (Mapidea Location Analytics [MLA]), que permite o fácil acesso a cartografia, inquirições e análise espacial, por parte de utilizadores sem formação específica. Na segunda componente foram realizadas análises de estatística espacial e calculadas as áreas de influência dos centros fixos de dádiva de sangue de forma a perceber as dinâmicas espaço-temporais e funcionais das dádivas de sangue. Por fim realizaram-se três experimentações de um modelo de Localização-Alocação para compreender quais os locais com maior potencialidade para de futuro acolher um centro fixo de dádiva de sangue.

A disponibilização da solução MLA ao IPST cumpriu o objetivo principal deste estágio. Com a informação disponibilizada é possível, a qualquer pessoa dentro do IPST, realizar várias análises de acordo com as necessidades que existam, visualizá-las espacialmente e partilhá-las com quem for conveniente.

Palavras-chave: Geomarketing, *WebSIG*, análise espacial, colheita de sangue

ABSTRACT

It is known that statistical and time series analysis' formal methods are well adapted to the study of blood donations. However, few tools that enable the study of another equally important aspect – the geography of this phenomena – have been provided. The main goal of this internship is to support the blood donations' management by Portuguese Institute of Blood and Transplantation (IPST). Here, there was four key action points: i) self-sufficiency in blood; ii) greater specificity in the blood's collection; iii) blood collection paradigm shift; and iv) creation of a new relationship model with the donors' associations. Strategically, the institute wants to implement the use of Information and Communication Technologies to enhance administrative change and modernization through the integration of Information Systems, increasing reliability and interoperability.

The national blood self-sufficiency is achieved with the contribution of IPST and some hospitals that perform blood collections being the IPST responsible for around 72% of them. The institute has the help of donors' associations, but the lack of control and the dependency of their work may cause some problems. Because of this, the teams and campaigns' promotion and planning must move from a regional control to a national level.

The internship had two main components. In the first one, it was provided information, in a WebGIS platform (Mapidea Location Analytics [MLA]), which allows easy access to mapping, inquiries and spatial analysis, by users with no specific training. In the second component, in order to understand the blood donations' spatio-temporal and functional dynamics, a set of spatial statistics techniques were performed, as well as calculations of the blood collection centres' influence areas. At last, three experiments of a location-allocation model were performed in order to understand which are the higher potential places to host a future blood collection centre.

The main objective of this internship was achieved by providing the MLA solution to IPST. With the available information it is possible to any person within IPST to do analysis according to the existing needs, as well as to visualize these analyses spatially and share them within the institute.

Key-words: Geomarketing, *WebGIS*, spatial analysis, blood collection

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Jorge Rocha, agradeço por todo o conhecimento que me foi transmitido ao longo do meu percurso académico. Agradeço também pela disponibilidade, apoio, orientação e confiança que foram fundamentais para a realização deste relatório.

À Mapidea e ao professor Miguel Marques agradeço pela simpatia, companheirismo e orientação, que possibilitaram uma ótima integração no estágio com uma experiência bastante positiva.

Ao IPST agradeço pela disponibilidade e interesse, bem como pela disponibilização dos dados que foram utilizados no estágio. Agradeço especialmente à Doutora Sandra Baía, pela sua importante contribuição e esforço, sem os quais este estágio não poderia ser realizado.

Aos meus pais, José Manuel Figueiredo e Maria Virgínia Figueiredo, à minha avó Neta, avó Vija, avô Louro, tia Mafalda e tio João, agradeço pela preocupação, por sempre acreditarem em mim e por me apoiaram em todas as decisões.

Agradeço à minha irmã Mafalda Figueiredo, por ser o meu exemplo, e ao meu sobrinho Salvador por ter dado uma nova alegria à nossa família, que me deu uma motivação extra neste último ano.

Às minhas amigas Daniela e Mafalda, agradeço pela preocupação, amizade e pelos momentos de descontração proporcionados.

Ao Fábio, o meu melhor amigo, confidente e namorado, agradeço pela preocupação, apoio, conforto e carinho transmitidos em todos os aspetos da minha vida. Obrigada por estares sempre presente.

SIGLAS E ACRÓNIMOS

CBD – *Central Business District*

ERS – Entidade Reguladora da Saúde

HTML – *HyperText Markup Language*/Linguagem de Marcação de Hipertexto

HTTP – *HyperText Transfer Protocol*/Protocolo de Transferência de Hipertexto

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPST – Instituto Português do Sangue e da Transplantação

MAUP – *Modifiable Area Unit Problem*/Problema da Unidade de Área Modificável

MCE – *Multicriteria Evaluation*/Análise Multicritério

MLA – *Mapidea Location Analytics*

SDSS – *Spatial Decision Support Systems*/Sistemas de Suporte à Decisão Espacial

SI – Sistemas de Informação

SQL – *Structured Query Language*/Linguagem de Consulta Estruturada

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

URL – *Uniform Resource Locator*/Localizador Padrão de Recursos

VGI – *Voluntary Geographic Information*/Informação Geográfica Voluntária

VSP – Vigilância em Saúde Pública

WSIGVSP – Sistemas de vigilância de saúde pública baseada na web

WWW – *World Wide Web*

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial aplicados ao Ordenamento realizou-se um estágio curricular com a duração de 9 meses na empresa Mapidea, sendo que este contou com o apoio do Instituto Português do Sangue e da Transplantação (IPST), através da cedência de informação essencial para a sua realização.

O IPST é responsável pela recolha, análise, preservação, armazenamento, processamento e distribuição de sangue humano, pretendendo garantir sempre a sua disponibilidade. Por isso, este é um trabalho importante de carácter solidário pois pode ajudar a que mais vidas sejam salvas.

O objetivo principal deste estágio é apoiar a gestão de dádivas de sangue por parte do IPST, sendo que, neste sentido e face às necessidades do instituto, foram identificados quatro pontos fulcrais de atuação: i) facilitar a autossuficiência em sangue; ii) obter maior especificidade na colheita; iii) fomentar uma mudança de paradigma da colheita; iv) criar um novo modelo de relacionamento com as associações de dadores.

Este trabalho pretende também demonstrar que a localização tem um papel cada vez mais importante, podendo-se migrar técnicas de Geomarketing, tipicamente usadas em ambiente de negócios para outras realidades, bastando para isso fazer um paralelismo dos agentes que influenciam na análise. Em vez da questão se centrar na identificação do local para abrir uma nova loja, para que a captação de clientes seja mais eficaz, pode-se centrar em localizar o sítio ideal para um posto fixo de dádiva de sangue, fazendo com que a captação de dadores seja mais eficaz.

O trabalho foi dividido em duas componentes. Na primeira, é disponibilizada informação ao IPST para que internamente seja possível consultar dados espaciais e realizar algumas operações de consulta e análise. Para tal organizou-se, em primeira instância, a Informação geográfica de base, com informação do Instituto Nacional de Estatística (INE) bem como com informação cedida pelo IPST. Posteriormente foi realizada a inventariação e geocodificação de centros de dádiva do IPST, acrescentando informação pertinente presente em relatórios da Entidade Reguladora da Saúde, para efeitos de redistribuição de recursos. O segundo passo de geocodificação focou-se nas estatísticas de dadores e colheitas por unidade administrativa. Toda a informação foi inserida numa plataforma *WebSIG*, a *Mapidea Location*

Analytics, totalmente desenvolvida de raiz pela Mapidea, que permite o fácil acesso a cartografia, inquirições e análise espacial, por parte de utilizadores sem formação específica, com o intuito de possibilitar a comunicação de diferentes equipas através de mapas.

O estágio contou também com uma aprendizagem da plataforma *Mapidea Location Analytics*, com formação em como criar perfis de utilizador, carregar *layers*, personalizar o ambiente de trabalho e realizar operações. Posteriormente foram efetuadas apresentações de sensibilização e ações de formação no IPST. Esta plataforma *webSIG* foi disponibilizada ao IPST sem qualquer custo.

Preparada a informação, é possível realizar a segunda componente do trabalho, onde foram delimitadas as áreas de atividade e influência de cada entidade utilizando diversas técnicas de modelação e realizado um conjunto de análises ligadas à estatística espacial e ao Geomarketing que permitiram perceber as dinâmicas espaço-temporais e funcionais das atividades do IPST e, conseqüentemente, produzir propostas de melhoramento dos serviços prestados.

Visando este melhoramento e com toda a informação obtida foram aplicados vários métodos de análise espacial, começando com uma análise estatística espacial. De seguida foi realizada uma regressão múltipla, para tentar compreender se alguns aspetos populacionais influenciam no número de dádivas recolhidas. Foi também feita uma análise de densidades estudando a densidade de centros de dádiva e de brigadas móveis no país, para que seja possível constatar se a distribuição espacial do número de dádivas é aleatória ou aglomerada (em *clusters*). Para perceber as dinâmicas dos centros fixos de dádiva de sangue, foram calculadas áreas de influência, contatando também com a localização das áreas com maior potencialidade que não estão abrangidas. Aqui, utilizaram-se quatro métodos, sendo eles: i) áreas de influência oficiais; ii) áreas de influência por raio de distância; iii) áreas de influência através da rede viária e iv) áreas de Influência através do Modelo de Huff.

Por fim, realizaram-se três experimentações de um modelo de Localização-Alocação para compreender quais os locais, com maior potencialidade para de futuro acolher um centro fixo de dádiva de sangue. Os locais candidatos foram os hospitais de Portugal Continental visto já disporem dos meios necessários para esse fim.

1.1 SANGUE

A palavra grega AIMA (*haema, hema*), que significa sangue, deriva do antigo verbo grego “αἶθω” (*aetho*), que significa “fazer em brasa” ou “quente, calor” (Meletis, 2010).

Claudius Galenus (130–207/216), médico, cirurgião e filósofo, assumiu que o sangue não era reciclado e que apenas passava uma vez pelo sistema, sendo evaporado ou consumido pelos órgãos. De acordo com Galenus, o fígado era a fonte de todas as veias e o principal órgão de produção de sangue, assumindo que o coração não era um músculo e que não tinha a função de bombeamento. Galenus considerou que o sangue passava pelo coração através de poros e de um ventrículo para o outro (Aird, 2011). As escritas de Galenus foram seguidas de forma consistente até ao Alto Renascimento (1490-1530) (Toledo-Pereyra, 2002). Nessa altura, Leonardo da Vinci (1452-1512) foi um dos primeiros a opor-se a Galenus, descrevendo o coração como um músculo. Os seus desenhos anatómicos eram muito precisos (Figura 1.1) e continham os poros intraventriculares de acordo com o estipulado por Galenus (Aird, 2011). Os Egípcios consideravam que o órgão central do corpo humano era o coração, fisiologicamente e espiritualmente (Willerson e Teaff, 1996) sendo ele responsável pelas emoções, mas, pelo facto de considerar o coração um músculo com funções mecânicas, Da Vinci defendeu que não existiam motivos para relacioná-lo com a espiritualidade e a alma (Martins e Silva, 2008) .

Muitos outros médicos e/ou investigadores estudaram a circulação sanguínea, mas foi William Harvey (1578-1657) que criou a base dos seus conceitos modernos na sua obra "*Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*", de 1628. Naquela altura, muitos defendiam que os pulmões eram responsáveis pelo movimento do sangue pelo corpo, mas Harvey observou o coração de animais vivos e percebeu que este era o órgão que, ao contrair-se, bombeava o sangue. Percebendo que a quantidade de sangue que sai do coração é demasiada para os tecidos absorverem, conseguiu perceber que as válvulas e veias permitem que o sangue circule apenas numa direção do coração e provou que o sangue circula pelo corpo, voltando depois ao coração (Besterman, 2004).

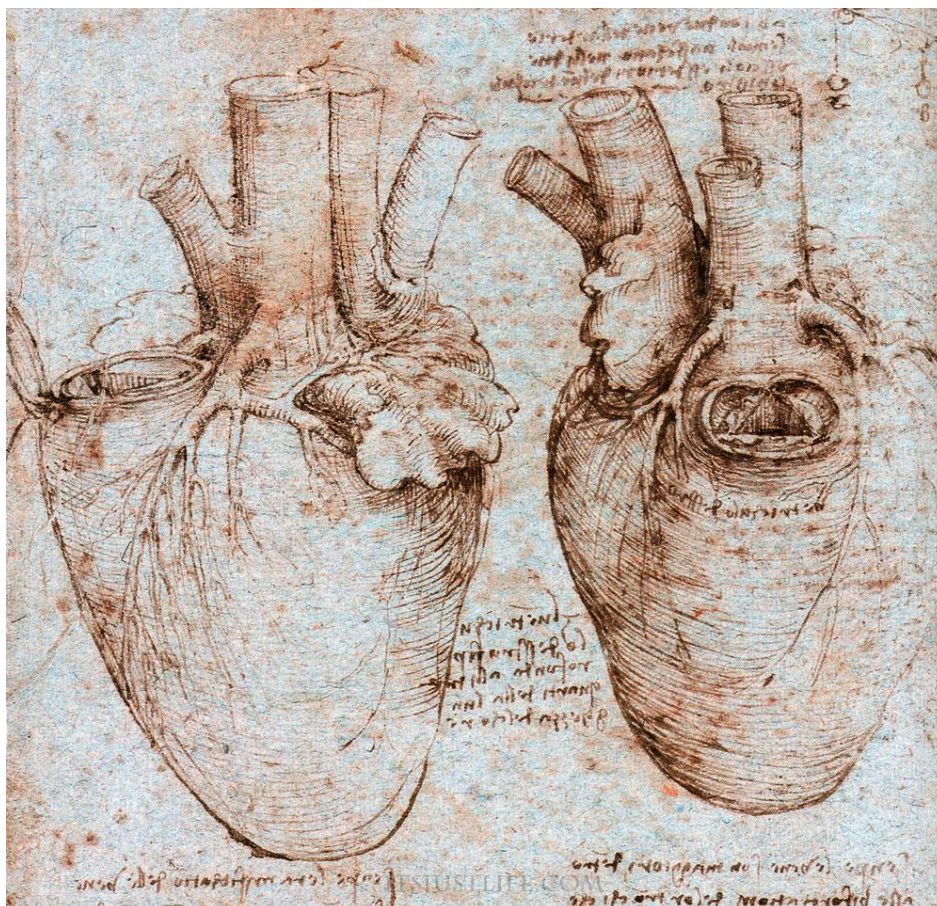


Figura 1.1 - Esboço de um coração humano, por Leonardo Da Vinci. Windsor, Reino Unido (ElMaghawry et al., 2014).

1.2 TRANSFUSÕES DE SANGUE

Os primeiros documentos escritos que evidenciam experiências relacionadas com transfusões de sangue provêm de Oxford em 1666, quando Richard Lower (1631-1703) se tornou a primeira pessoa a conseguir realizar transfusões de sangue em animais, neste caso entre dois cães. No ano seguinte, Jean Denis (1643-1704) realizou transfusões de sangue entre ovelhas e humanos, normalmente com doenças mentais, pois acreditava que o sangue transportava a personalidade e que um animal calmo poderia curar estas doenças (Giangrande, 2000). Alguns casos de transfusão de sangue foram bem-sucedidos, mas em 1667 aconteceu a primeira reação transfusional hemolítica (incompatibilidade) num doente que recebeu sangue incompatível. Por isso, em 1678 as transfusões de sangue foram proibidas¹.

A primeira pessoa a fazer uma transfusão de sangue entre dois humanos foi James Blundell (1791-1878), um obstetra que assistiu a muitas hemorragias pós-parto que o motivaram a







¹ www.ipst.pt

investigar a transfusão de sangue em cães em situações semelhante, tendo conseguido salvá-los. Blundell também observou que sangue humano fazia com que os cães morressem, chegando à conclusão que humanos apenas poderiam receber sangue humano (Jones e Mackmull, 1928). Assim, a 22 de dezembro de 1818, Blundell publicou o seu primeiro artigo sobre transfusão de sangue entre humanos (Giangrande, 2000).

Durante quase um século, as transfusões de sangue foram realizadas com considerável sucesso, apesar de não se conhecerem os grupos sanguíneos. Foi Karl Landsteiner (1868-1943), em 1900, que descobriu da substância A e B do Sistema AB0 (Landsteiner, 1901) e em 1903 classificou os grupos sanguíneos em A, B e 0 (IPST²) estabelecendo as bases para as práticas modernas de transfusão de sangue que lhe garantiram, em 1930, o prémio nobel da medicina (Schwarz e Dorner, 2003).

Alguns anos mais tarde foram feitos os primeiros testes de compatibilidade antes de uma transfusão, pois os grupos sanguíneos têm compatibilidades diferentes (Quadro 1.1). Foi apenas na última metade do século XX que aconteceu a generalização da prática de transfusão de sangue em Portugal e no Mundo (Figura 1.2).

Quadro 1.1 - Compatibilidades sanguíneas (IPST)².

 Se é RH positivo	 Pode receber do:	 Pode dar a:
A+	A+ A- 0+ 0-	A+ AB+
B+	B+ B- 0+ 0-	B+ AB+
0+	0+ 0-	0+ A+ B+ AB+
AB+	Todos com RH+ e RH-	AB+
 Se é RH negativo	 Pode receber do:	 Pode dar a:
A-	0-	A- A+ AB- AB+
B-	0-	A- B+ AB- AB+
0-	0+ 0-	Todos com RH+ e RH-
AB-	Todos com RH-	AB- AB+

² www.ipst.pt

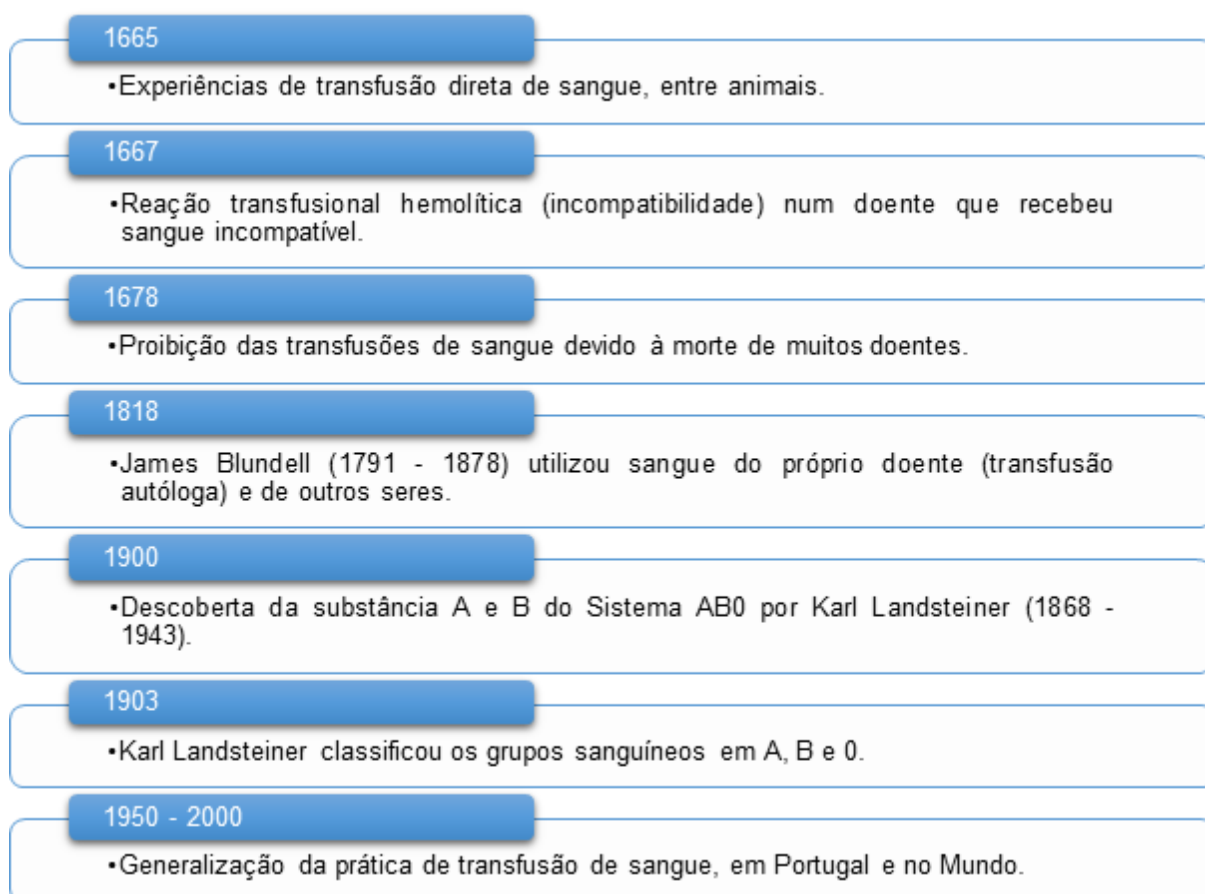


Figura 1.2 - Cronograma da história das transfusões de sangue.

1.3 INSTITUTO PORTUGUÊS DO SANGUE E DA TRANSPLANTAÇÃO, IP

O Instituto Português do Sangue e da Transplantação é um instituto público que regula a atividade da medicina transfusional e da transplantação e visa promover e “garantir a dádiva, colheita, análise, processamento, preservação, armazenamento e distribuição de sangue humano, de componentes sanguíneos, de órgãos, tecidos e células de origem humana” com o objetivo de apoio à vida humana, pretendendo aumentá-la em tempo e qualidade “garantindo, para isso, que as boas práticas e inovação acompanhem o estado da arte”.

O IPST é responsável por cerca de 72% das colheitas de sangue a nível nacional sendo que a autossuficiência é conseguida pela contribuição do IPST e de alguns hospitais que realizam colheitas. O IPST não tem controlo direto nas colheitas realizadas pelos hospitais que também efetuem o processamento e a análise do sangue.

O IPST conta atualmente, na área funcional do sangue, com quatro pressupostos estratégicos de atuação e otimização de recursos a médio/longo prazo que serviram de ponto de partida para a determinação de um plano de trabalho de estágio útil e concretizável, sendo eles:

- 1) As colheitas têm de garantir a autossuficiência em sangue e componentes → 40 dádivas por 1.000 habitantes;
- 2) Maior especificidade na colheita → autossuficiência sem desperdício de grupos de baixa utilização (AB e B);
- 3) Mudança de paradigma da colheita:
 - a. Gestão do número de dadores convocados para a dádiva e respetivos locais de colheita;
 - b. Gestão dos grupos sanguíneos dos dadores convocados;
 - c. Centralização nacional da promoção e planeamento de colheitas, bem como da alocação de recursos humanos e materiais às diversas promoções de dádivas programadas;
 - d. Substituição de mais de 50% das brigadas móveis por colheitas em postos fixos e com horários flexíveis durante a semana, localizados em hospitais ou noutros locais preparados para o fim e bem identificados, que se devem manter para fidelizar dadores;
 - e. Implementar a atividade do *call center* como meio privilegiado de contacto com os dadores;
 - f. Para controlo na agenda e dos grupos sanguíneos dos dadores, tornar a gestão da colheita independente das marcações aleatórias das associações de dadores de sangue;
 - g. Definição de Promotores da dádiva (PD)³ e das suas atribuições.
- 4) Novo modelo de relacionamento com as associações de dadores → ações de formação específicas e reconhecimento ou certificação das associações ligadas à colheita e promoção sobre orientação das comissões de promoção e planeamento do IPST.

³ O conceito de Promotor da Dádiva (PD) passa por um conjunto de pessoas, em função dos dados demográficos apurados para cada distrito, que têm por função tratar da promoção e organização distrital das colheitas. Preferencialmente serão técnicos superiores com formação nas áreas de sociologia, psicologia ou ciências da comunicação. Terão de ter capacidade de comunicação e disponibilidade para deslocações. O seu recrutamento pode ser feito dentro da estrutura do IPST (em função da reorganização prevê-se reafecção de recursos humanos) ou externamente, com base na informação demográfica dos distritos de Portugal.

Para o efeito os PD terão inicialmente um período de formação em que entenderão a globalidade da atividade do IPST, depois da qual terão uma avaliação. Segue-se um período de formação específico cujo programa deve englobar ensino já dirigido para a promoção da dádiva, metodologia de abordagem de dadores. Os PD articulam-se diretamente com a comissão nacional de promoção e planeamento colocando no terreno os princípios institucionalmente definidos (IPST).

A falta de controlo do IPST sobre as associações de dadores e a sua dependência do trabalho das mesmas provoca alguns constrangimentos, pois a mensagem passada pode não estar de acordo com a do instituto, bem como as datas e horas agendadas poderão não ser as mais convenientes, visto que a maior parte das ações decorrem ao fim de semana, com elevados custos de deslocação e recursos humanos. Outro dos constrangimentos prende-se também com o facto de as associações receberem, anualmente, um montante de acordo com o número de colheitas realizadas, não levando em consideração os grupos sanguíneos que interessam ao IPST. Com isto, a promoção e o planeamento terão de passar de um controlo regional para um de âmbito nacional.

No plano estratégico de 2014-2016 do IPST é referido um conjunto de medidas plurianuais em 10 áreas de implementação, sendo uma delas a “utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para potenciar mudança e a modernização administrativa através da integração dos sistemas de informação (SI), aumentando-se a sua fiabilidade e interoperabilidade” onde este projeto se enquadra.

1.4 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE DADORES DE SANGUE

Os homens podem dar sangue 4 vezes por ano e as mulheres 3 vezes, com um intervalo mínimo de 2 meses entre as dádivas. Para que uma pessoa possa ser elegível para doar sangue, tem que cumprir um conjunto de condições, sendo elas:

- I. Ter idade entre os 18 e os 65 anos, sendo que a idade para efetuar a primeira dádiva situa-se entre 18 e os 60 anos;
- II. Ter mais de 50kg;
- III. Não ter recebido uma transfusão após 1980 pois existe o risco de transmissão de uma variante da Doença de *Creutzfeldt-Jakob* (vCJD), também designada por doença das vacas loucas;
- IV. Sentir-se com saúde e ter hábitos de vida saudáveis;
- V. Ir ao exame médico e responder com sinceridade às perguntas que lhe forem feitas.

Antes e depois das dádivas de sangue também é necessário ter algumas precauções. Antes da dádiva de sangue é necessário evitar grandes períodos de exposição solar e reforçar a hidratação com líquidos no dia anterior. No próprio dia, deve-se tomar sempre o pequeno-almoço, não fazer uma refeição abundante, manter a hidratação e evitar o exercício físico. Após a Dádiva de Sangue deve-se continuar a hidratação e a evitar grandes períodos de exposição solar.

1.5 MAPIDEA

A Mapidea é uma empresa que utiliza as potencialidades dos mapas e análise espacial num contexto de negócios. Esta empresa, fundada em 2014, procura ajudar outras organizações a tirar proveito de informação espacial e usá-la como uma vantagem para serem tomadas melhores decisões.

Com isto a Mapidea tem diversos ramos de atuação, incluindo:

- **Consultoria espacial**, onde se analisa cada negócio com uma perspetiva geográfica e se definem estratégias para resolver problemas e tomar melhores decisões;
- **Estudos de Geomarketing**, onde são efetuados estudos espaciais do mercado, clientes e concorrentes próprios de cada negócio;
- Disponibilização de **soluções WebSIG**, onde é possível tirar proveito das potencialidades dos mapas e disponibilizá-los na internet para que todos dentro da organização possam utilizar e que, ao contrário dos SIG tradicionais, permite um fácil acesso à informação a pessoas sem formação específica, para que possam identificar tendências, relações de clientes, concorrentes e perspetivas futuras;
- Realização de **geocodificação e enriquecimento de dados** de, por exemplo, clientes, lojas ou concorrentes;
- **Formação** em *software* SIG, cartografia temática e Geomarketing adaptado a cada contexto de negócios.

1.6 MARKETING

O Marketing tem sido praticado desde os tempos antigos por filósofos como Platão e Aristóteles, no entanto, só durante o século XX é que as ideias existentes evoluíram para uma área de estudo independente (Shaw e Jones, 2005).

Segundo Wilkie e Moore (2003), o desenvolvimento das escolas de marketing podem ser dividido em quatro épocas:

1. A criação do ramo, com abordagens tradicionais, de 1900 a 1920:
 - a. Desenvolvimento dos primeiros cursos de marketing;
 - b. Foco no marketing como distribuição.
2. A formalização do ramo, de 1920 a 1950:
 - a. Desenvolvimento de fundações ou "princípios de marketing";

- b. Criação de infraestruturas de desenvolvimento de conhecimento para o campo: *American Marketing Association (AMA)*, conferências e revistas (*Journal of Retailing* e *Journal of Marketing*).
- 3. Mudança de paradigma – Marketing, Gestão e Ciências, entre 1950 a 1980:
 - a. *Boom* de crescimento no mercado de massas e comercialização nos EUA;
 - b. Duas perspectivas emergem: o ponto de vista de gestão e as ciências quantitativas e do comportamento;
 - c. O conhecimento sofre grande expansão e evolução.
- 4. Propagação do paradigma de 1980 até ao presente:
 - a. Surgem novos desafios no mundo dos negócios como o foco financeiro de curto prazo, *downsizing* e globalização;
 - b. Perspetivas dominantes são questionados em debates de filosofia da ciência;
 - c. A pressão de publicação (*publish-or-perish*) é intensificada em meios académicos;
 - d. Expansão do conhecimento e diversificação de áreas de interesse especializadas.

Existem muitas definições de Marketing sendo que de acordo com a American Marketing Association (2013) o Marketing é “uma atividade, conjunto de instituições e processos para criar, comunicar, entregar e trocar ofertas que tenham valor para os consumidores, clientes, parceiros e sociedade em geral”, sendo que esta definição já sofreu diversas alterações desde a primeira definição formal, em 1938.

Já Kotler (2000) distingue marketing social e de gestão definindo o primeiro como “um processo social pelo qual indivíduos e grupos obtêm o que necessitam e desejam através da criação, oferta, e troca de produtos e serviços de valor livremente com outros” e o segundo como “a arte e a ciência de aplicar conceitos fundamentais de comercialização para escolher mercados-alvo e obter, manter e aumentar o número de clientes através da criação, entrega e comunicação de informação com valor ao cliente”.

1.7 GEOMARKETING

O termo Geomarketing surgiu na década de 1980, mas apenas se expandiu com o aparecimento das TIC sendo que nos anos 1990 houve uma multiplicação de empresas de Geomarketing. Apesar disto, nessa altura as suas aplicações eram limitadas a mostrar indicadores em gráficos ou diagramas, não sendo muito eficazes no apoio à decisão. O surgimento de ferramentas de estudo como os SIG e de técnicas de tratamento de grandes quantidades

dados (*data mining*) mostram que com o Geomarketing se pode produzir informação relevante e útil para os decisores (Latour e Floc'h, 2001).

Segundo Cavion e Philips (2006), o surgimento do Geomarketing deve-se a quatro grandes acontecimentos (Figura 1.3), sendo eles:

- O desenvolvimento de teorias económicas;
- O aparecimento do marketing;
- A colaboração dada pela geografia;
- O aparecimento dos SIG.

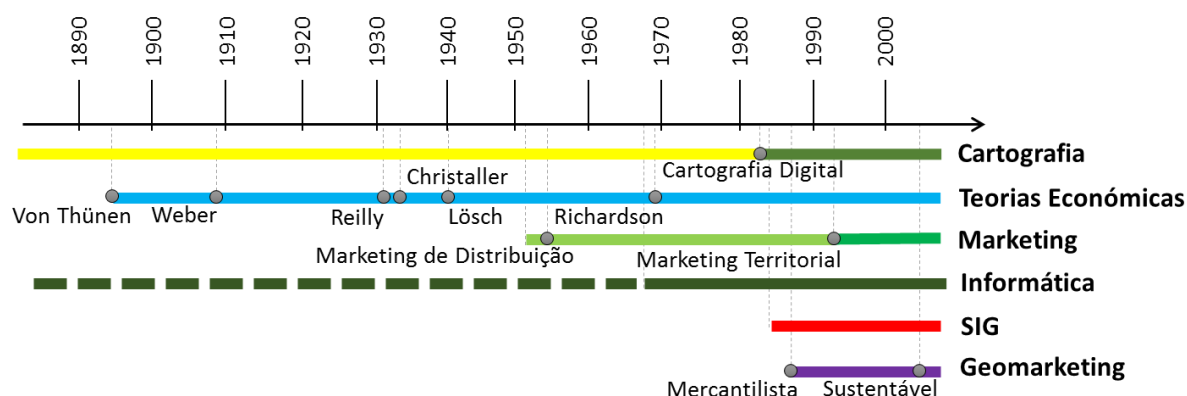


Figura 1.3 - Ramos do conhecimento que contribuíram no surgimento do Geomarketing, segundo ordem cronológica (adaptado de Cavion e Philips, 2006).

(Latour e Floc'h, 2001) definem Geomarketing como “um conjunto formado por dados, sistemas informáticos de processamento e métodos utilizados pelos analistas, que contribuem para a produção de informação em forma de representações espaciais em mapa, em vez de gráficos ou tabelas, sendo essa informação utilizada no apoio à decisão”.

Uma das grandes componentes da gestão dos riscos inerentes à decisão de implementação de bens imóveis, é a localização (Thrall, 2002). Por outro lado, os fatores demográficos como o género e idade dos utilizadores/clientes são importantes para o entendimento de um público-alvo (Kotler, 2000). As classificações geodemográficas apoiam na tomada de decisão, pois simplificam a realidade geográfica complexa tornando-a mais perceptível para as partes interessadas (*stakeholders*) (Harris, *et al.*, 2005).

Partindo do princípio que o local de residência é em parte responsável pelos comportamentos de compra/dádiva, podem-se traçar perfis dos clientes/dadores, sobrepondo as vendas por região com os dados relativos aos habitantes dessas áreas. Sabendo o perfil dos clientes/dadores, é possível segmentá-los de acordo com o local que habitam, admitindo que pessoas que vivem em locais semelhantes possuem características socioeconómicas e culturais semelhantes e assim adaptar a oferta ao perfil dos clientes/dadores, bem como apostar em estratégias de marketing noutros territórios (Cliquet, 2006).

Cliquet (2006) refere que o uso de *software* de Geomarketing tende a simplificar a complexidade dos comportamentos do consumidor sendo que as bases de dados, quando existem, apenas contêm dados sociodemográficos e moradas, o que não é suficiente para compreender essa complexidade. Por isso, defende que para apoio à decisão, é necessária uma abordagem de marketing espacial. Cliquet também menciona quais os domínios, objetivos fundamentais e algumas aplicações do geomarketing, os quais são:

1. Domínios do Geomarketing:

- Comportamento dos consumidores;
- Localização de infraestruturas;
- Gestão de marketing.

2. Quatro objetivos fundamentais do Geomarketing:

1. Gerir diversas informações;
2. Dominar os territórios de marketing;
3. Adaptar-se aos clientes;
4. Prever evoluções.

3. Algumas das aplicações mais frequentes do Geomarketing:

- Adaptação da oferta comercial de uma loja (otimização);
- Trabalho em micromercados;
- (Re)estruturação de uma rede;
- Determinação de novas localizações;
- Captação melhores clientes usando publicidade adaptada;
- Otimização de investimentos em marketing direto;
- Apoio às vendas;
- Análise da concorrência.

1.8 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste estágio corresponde a Portugal Continental, que tem uma área de 89 088,9 km² e está dividido em 18 distritos, 278 municípios e 2 882 freguesias. De acordo com os dados de 2014 do Instituto Nacional de Estatística (INE), existem 10 047 621 habitantes em Portugal Continental, sendo que 5 907 108 têm idade para dar sangue.

Em Portugal Continental existem 31 postos fixos de dádiva de sangue e 3 centros de sangue, Lisboa, Coimbra e Porto, que se subdividem em mais 2, Porto/Coimbra e Coimbra/Lisboa onde são feitas promoções de dádivas organizadas pelos dois centros (Figura 1.4).

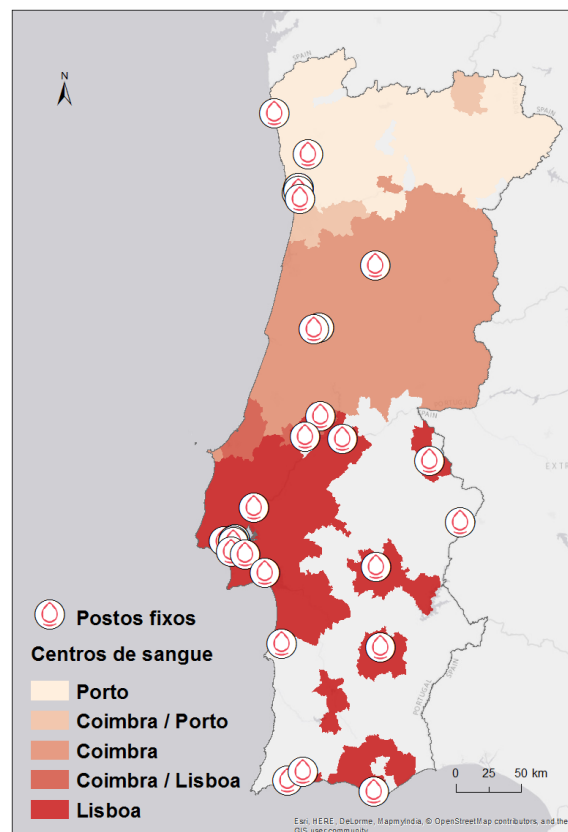


Figura 1.4 - Centros de sangue e postos fixos de dádiva de sangue de Portugal Continental.

2 MODELOS CLÁSSICOS DE LOCALIZAÇÃO

2.1 TEORIA DOS ANÉIS CONCÊNTRICOS DE VON THÜNEN

Johann Heinrich von Thünen (1826) desenvolveu um modelo de localização agrícola, publicado no seu livro *Der Isolierte Staat* (O Estado Isolado). Neste modelo, von Thünen considerou três fatores: i) a renda (valor) da terra; ii) distância ao mercado (custos de transporte); iii) preço dos produtos.

O estado isolado de von Thünen consiste num terreno agrícola uniformemente fértil, que circunda uma única cidade-mercado. Neste contexto, para uma determinada cultura ainda não especificada, considere-se Y o rendimento por unidade de área, p o preço por unidade de peso, c os custos de transporte e r os custos de transporte por unidade de peso e por unidade de distância a partir do mercado. Então, o retorno total que pode ser obtido por unidade de área cultivada é Yp , os custos de produção serão Yc e os custos de transporte para uma quinta à distância d da cidade traduzem-se por Yrd . Deste modo, o excedente (E) potencialmente disponível para o agricultor, ao desenvolver esta cultura é:

$$E = Y(p - c - rd) \quad (2.1)$$

Adicionalmente, assumindo-se uma fertilidade uniforme (o que significa que Y pode ser tratado como uma constante), procede-se da mesma forma relativamente ao trabalho e outros custos de produção, e aos custos de transporte, o que se traduz em c e r constantes. O preço de mercado (p) também é tido como fixo e assume-se que existe procura para qualquer que seja a quantidade produzida (que em termos económicos significa assumir uma elasticidade infinita da procura).

O excedente (E) é essencialmente uma medida do lucro potencial. É conhecida como uma renda, não por ser necessariamente a quantia que o agricultor tem de pagar como renda, mas porque é a quantia máxima que ele está disposto a despende pela parcela, àquela distância do mercado e para uma cultura em particular. O dono da terra, num mercado perfeitamente competitivo seria capaz de extrair esta quantia de um inquilino (agricultor) como renda, sem ser no sentido económico, mas sim informal. Assim, também é aqui feita uma assunção implícita, de que o agricultor deve incluir o preço do seu próprio trabalho e o que se pode chamar de lucros normais, como parte dos seus custos de produção.

Como todos os termos da equação 2.2, exceto E e d , estão a ser considerados como constantes, esta pode ser reescrita como:

$$E = a - bd \quad (2.2)$$

onde

$$a = Y(p - c) \quad (2.3)$$

e

$$b = Yr \quad (2.4)$$

e a e b são constantes.

Se o objetivo for analisar graficamente (Figura 2.1) a relação geométrica entre E e d , então a equação (2.2) mostra-a como um segmento de reta decrescente, com declive $-b(Yr)$, que intersecta o eixo de E em $a[Y(p - c)]$. Esta última quantidade é a máxima renda que ocorre no mercado propriamente dito.

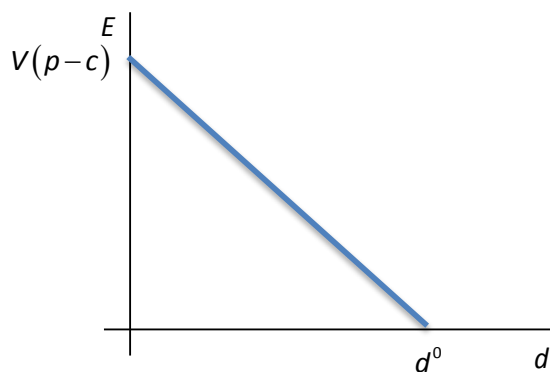


Figura 2.1 - Renda versus distância do mercado

A Figura 2.1 mostra no imediato um novo elemento: existe uma distância, designada por d^0 , para além da qual não será rentável produzir essa cultura em particular. Esta distância corresponde, obviamente, à intersecção da reta com o eixo de d e o seu valor é $(p - c)/r$. Este resultado virá a ser útil mais tarde nesta análise.

Os conceitos introduzidos até agora providenciam as bases para explorar os dois principais resultados de von Thünen a uma mesoescala. O primeiro foi a intensidade de produção de uma cultura. Esta é definida fazendo variar a quantidade de entradas no processo de produção, as quais são quantificadas em termos de custos de produção (c). Por exemplo, ao aumentar a quantidade de trabalho e/ou de fertilizantes, o rendimento (Y) pode ser incrementado. Neste momento, está-se a deixar de considerar c como uma constante e começa-se a explorar o que ocorrer quando ele varia. Com efeito, é possível antecipar uma relação funcional entre Y e c que mostra o primeiro a crescer em função do aumento do segundo, expresso por

$$Y = Y(c) \quad (2.5)$$

no sentido formal. Geometricamente, pode ser expectável que tome a forma expressa na Figura 2.2 A: o incremento em Y diminui com o tempo, analogamente à lei dos rendimentos marginais decrescentes. No entanto, significa que, perto do mercado, pode pagar ao agricultor para aumentar os investimentos e assim os lucros, porque o aumento do retorno pode suplantear o aumento correspondente em custos de transporte. Se este é ou não o caso depende da curva representada na Figura 2.2 A para um caso particular e nas dimensões relativas da produção e dos custos de transporte.

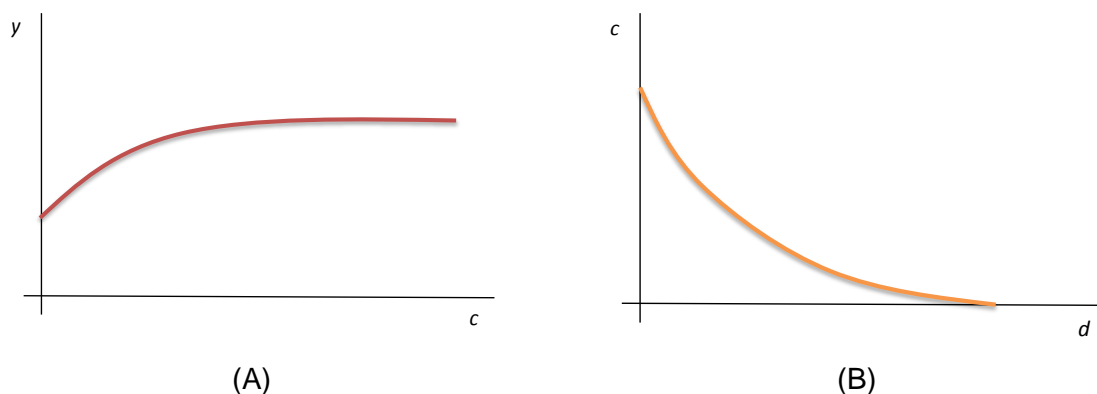


Figura 2.2 - Rendimento versus intensidade de produção (A) e intensidade de produção versus distância (B).

No entanto, o resultado mais geral, é claro; mantendo tudo o resto invariável, seria expectável encontrar cultivo mais intensivo de determinada cultura perto do mercado e que essa intensidade declinaria com o aumento da distância até atingir o ponto, já visto na Figura 2.1, em que deixa de todo ser rentável cultivar. O nível de intensidade, tal como medido por V , pode então ser relacionado com a distância tal como indicado na Figura 2.2 B. Deve-se notar que não há nenhuma razão para esperar que as relações expressas na Figura 2.2 A e Figura 2.2 B devam ser lineares.

O argumento até agora expresso tem sido conduzido na base de que é possível variar a intensidade de cultivo, medida pelos níveis de investimento, continuamente. Em muitos casos, isto não se verifica exatamente assim. Tal como foi observado por von Thünen e muitos depois dele, o agricultor pode estar a escolher entre sistemas, optando, por exemplo, por ciclos rotacionais de duas, três ou quatro culturas. Pode ser que, entre diferentes sistemas, existam diferentes níveis de investimento, mas que dentro de um sistema, c seja constante. Neste caso, Y e c podem ser considerados fixos num sistema e, assim, a Figura 2.1 aplica-se para cada sistema, mas com diferentes valores de Y e c (e por isso se visualizam diversos segmentos de reta sobrepostos na Figura 2.3).

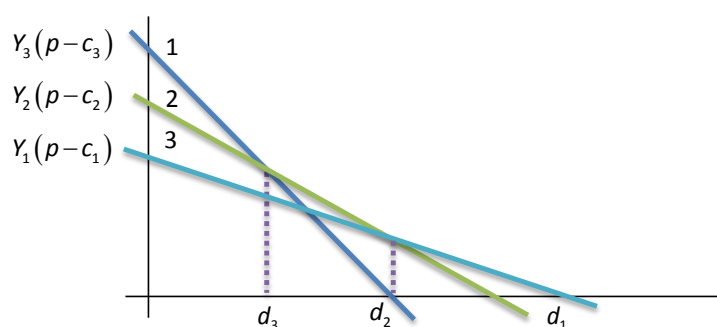


Figura 2.3 - Renda versus distância para diferentes intensidades de produção.

A Figura 2.3 mostra três sistemas onde se assumiu que ao aumentar de c_1 para c_2 e c_3 o lucro aumenta numa tal extensão que

$$Y_1(p - c_1) < Y_2(p - c_2) < Y_3(p - c_3) \quad (2.6)$$

Como fica geometricamente demonstrado pelas intersecções da figura. Neste caso, a renda mais alta é obtida usando o terceiro sistema de $d = 0$ a $d = d_3$, no sistema dois de $d = d_3$ a $d = d_2$ e, no primeiro sistema, de $d = d_2$ a $d = d_1$. Para $d > d_1$ não existirá cultivo de nenhuma

espécie. Assim, neste caso, o padrão de uso do solo exibirá, em virtude da distância ao mercado, três anéis de intensidade decrescente de cultivo (Figura 2.4). No entanto, deve-se ressaltar que esta situação apenas ocorre se for assumido um relacionamento particular entre Y e c para os três sistemas; essencialmente Y_i ($i = 1, 2, 3$) tem de aumentar mais rapidamente em face de c do que o fator $(p - c_i)$ decresce.

As relações entre os gradientes das linhas comportam-se de forma mais direta pois à medida que c aumenta o mesmo acontece a Y e, conseqüentemente, o declive Y_r também aumenta. Foi este princípio que esteve por base da construção da figura.

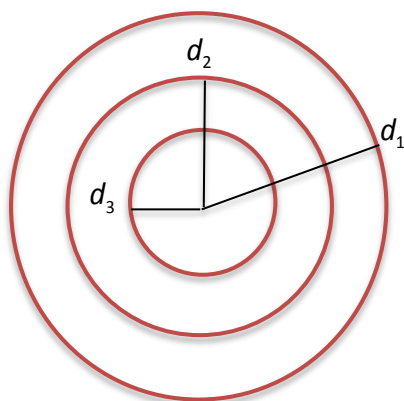


Figura 2.4 - Anéis de intensidade de cultivo para uma simples cultura

Centrando as atenções no segundo resultado, que normalmente é considerado o mais importante dos dois e por vezes o único enunciado, pode-se fazer uso dos conceitos até agora estabelecidos. A diferença é que se deixa de considerar a variação de intensidade de uma cultura e passa-se a ter em conta diversas culturas, i.e. usos agrícolas alternativos, incluindo, por exemplo, culturas conjuntas (o que traz complicações de despesas partilhadas que por agora serão negligenciadas, assumindo as culturas paralelas como um produto único).

Para poder definir explicitamente esta nova abordagem é necessário introduzir o subscrito k aos vários termos da equação **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, i.e., considera-se que todos os parâmetros estão dependentes da forma como se utiliza k . A equação pode então ser reescrita como

$$E_k = Y_k (P_k - c_k - r_k d) \quad (2.7)$$

sendo óbvio que não é necessário adicionar este novo subscrito à distância. Esta ideia também é aplicável à equação (2.2), como

$$E_k = a_k - b_k d \quad (2.8)$$

com as definições óbvias de a_k e b_k .

Neste momento obtém-se um conjunto de segmentos de reta de declive invertido para cada uso k . É possível derivar o principal resultado de von Thünen explicitamente. Esta derivação também pode ser expressa em termos verbais e geométricos. Em primeiro lugar os usos devem ser ordenados para que

$$Y_1 r_1 > Y_2 r_2 > Y_3 r_3 > Y_4 r_4 > \dots > Y_n r_n \quad (2.9)$$

Isto significa que as culturas estão ordenadas em termos de forma decrescente do gradiente de custos de transporte por unidade de distância. O primeiro apresenta o gradiente mais declivoso e, portanto, é expectável que seja produzido mais perto do centro de comércio. No entanto, em primeiro lugar, é necessário decidir se ele será produzido de todo. Esta problemática pode ser ilustrada considerando-se apenas dois usos, e.g. $k=1$ e $k=2$. Nesta situação existem, essencialmente três casos hipotéticos como se pode observar na Figura 2.5.

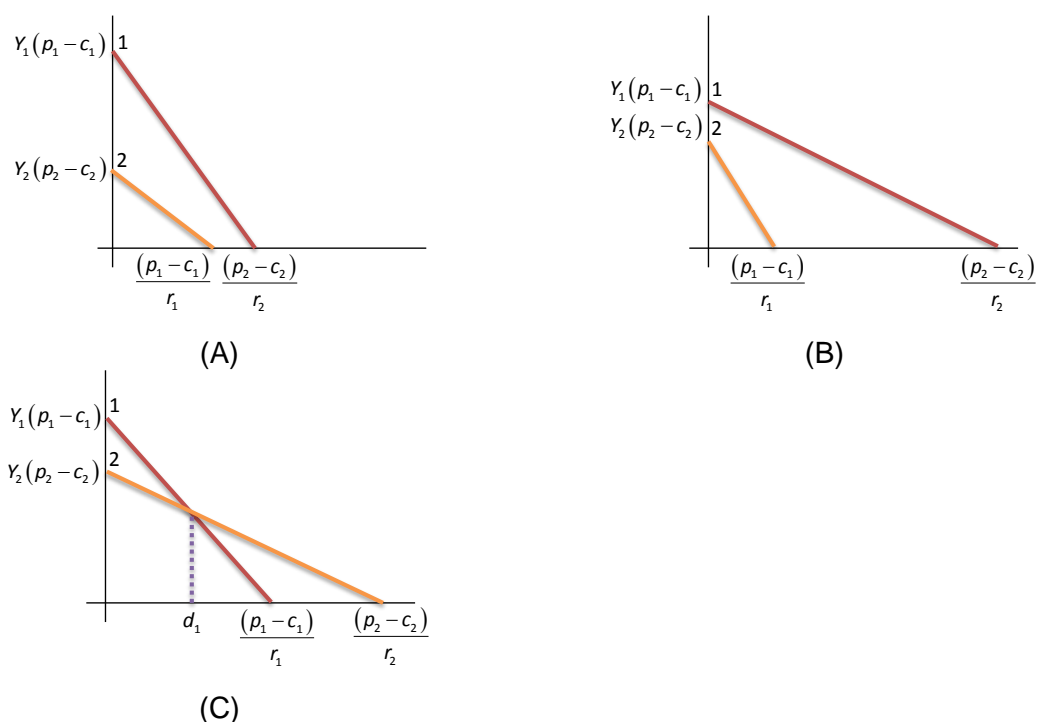


Figura 2.5 - Rendas para dois usos do solo alternativos.

Nos casos (A) e (B), a renda proveniente do uso 2 nunca excederá a do uso 1. No caso (C) a renda gerada pelo uso 1 domina até $d = d_1$, altura em que a diferença se torna positiva para o uso 2 até $d = d_2$. Mas como é possível de estabelecer, de maneira mais formal, as diferenças entre os 3 casos? Em ambos os casos, (A) e (C), a renda 1 apresenta o valor mais alto na origem e, por definição, a gradiente mais declivoso. Mas, no caso (A), o limite de produção do caso 2 é alcançado antes do homólogo do uso 1 e, portanto, nunca é produzido. Na situação (B), apesar do uso 1, apresentar por definição o declive de gradiente mais acentuado, o seu limite de produção é alcançado antes do referente ao uso 2 e, este último, domina devido à sua renda inicial vantajosa em $d = 0$. Observando os 3 componentes da figura torna-se claro que é necessário satisfazer duas condições para que os dois bens sejam produzidos:

$$Y_1(p_1 - c_1) > Y_2(p_2 - c_2) \quad (2.10)$$

e

$$(p_2 - c_2)/r_2 > (p_1 - c_1)/r_1 \quad (2.11)$$

Neste ponto é possível introduzir a segunda convenção notacional: se um determinado uso não é gerado, então é eliminado da lista, e os restantes são renumerados de forma consecutiva e respeitando a equação (2.9). As relações geométricas que estes usos satisfazem estão representadas na Figura 2.6 e implicam que os seguintes relacionamentos sejam satisfeitos:

$$Y_k(p_k - c_k) > Y_{k+1}(p_{k+1} - c_{k+1}), k = 1, 2, \dots \quad (2.12)$$

O que seria consistente com a notação introduzida anteriormente de que as intersecções na segunda relação, (2.11), deveriam ser sucessivamente catalogados.

$$d_1, d_2, d_3, \dots \quad (2.13)$$

É claro que os dois conjuntos de relações são extensões óbvias aos casos de usos dados pelas equações (2.10) e (2.11).

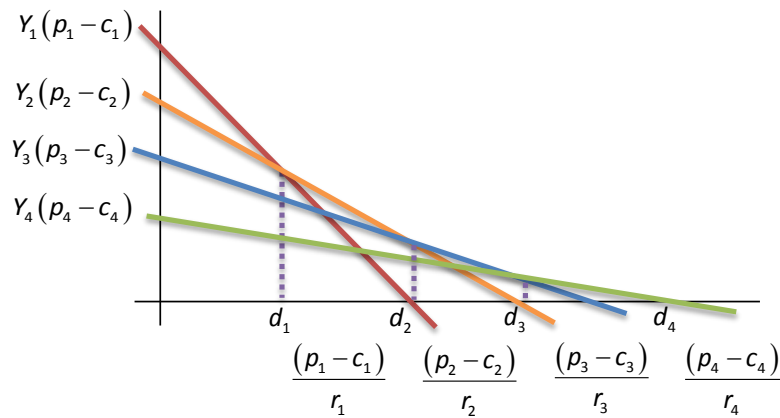


Figura 2.6 - Rendas de diferentes usos do solo e respectivos limites de uso.

A Figura 2.6 também mostra as distâncias em que as diferentes linhas de renda se cruzam. Estas foram catalogadas como d_1, d_2, d_3, \dots e pode-se observar facilmente que a terra apresenta o uso 1 em distâncias relativamente ao mercado até d_1 , então o uso 2 sobrepõe-se até d_2 , e assim sucessivamente. Este foi o principal resultado obtido por von Thünen e dá origem aos conhecidos círculos concêntricos de uso do solo agrícola apresentados na Figura 2.7.

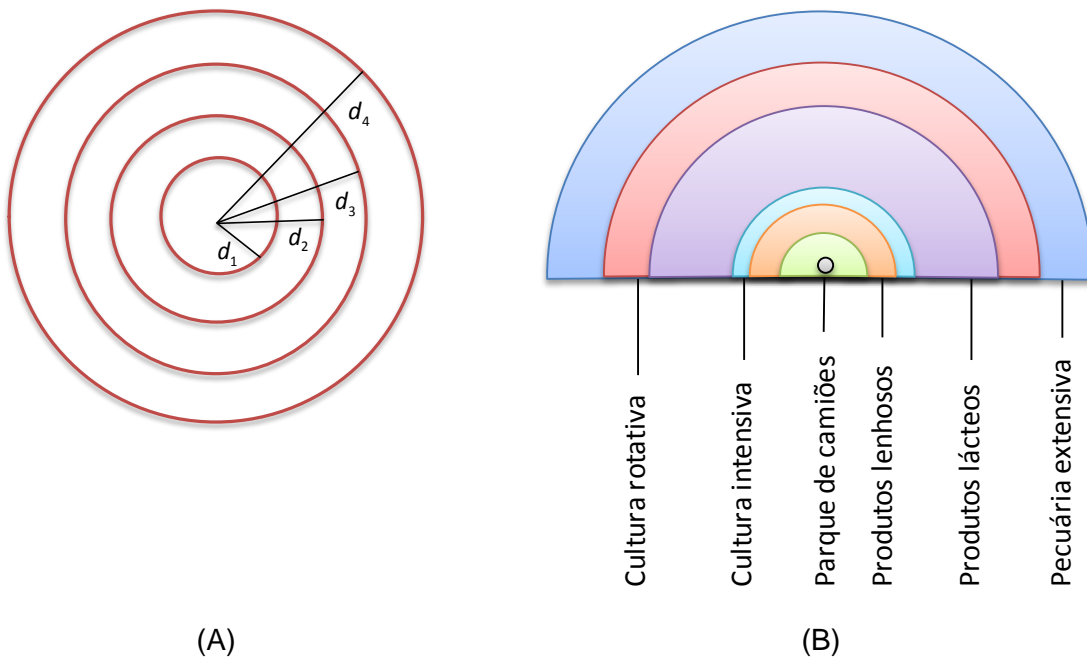


Figura 2.7 - Anéis de von Thünen para diferentes usos do solo (A) e um exemplo de um sistema de anéis (cores diferentes representam diferentes culturas) (B).

Fica claro a partir da chave para a figura de von Thünen e pode facilmente ser deduzido do seu texto original que este estava a operar a um nível setorial de relativamente baixa resolução, mas que ao mesmo tempo combinava as suas teorias de intensidade à mesma escala que a dos usos do solo. Um certo número das suas zonas envolve esquemas de culturas de características diferentes. De facto, este argumento pode ser levado adiante, especialmente nos casos onde os níveis de entrada (e, portanto, os níveis de intensidade) podem mudar continuamente. As funções de renda podem então tomar a forma expressa na Figura 2.8.

No caso (A) da Figura 2.8, são mostradas três rendas económicas como curvas ao invés de linhas, apesar do padrão essencial dos anéis concêntricos se ter alterado – mas com uma intensidade decrescente de uso em cada anel. O caso (B) apresenta a intrigante possibilidade (ao utilizar uma curva para o uso 1 e uma linha para o 2) de que um uso possa desaparecer e posteriormente reaparecer: o uso 1 domina até $d = d_1$, então o uso 2 emerge até d_2 , e depois, novamente o d_1 .

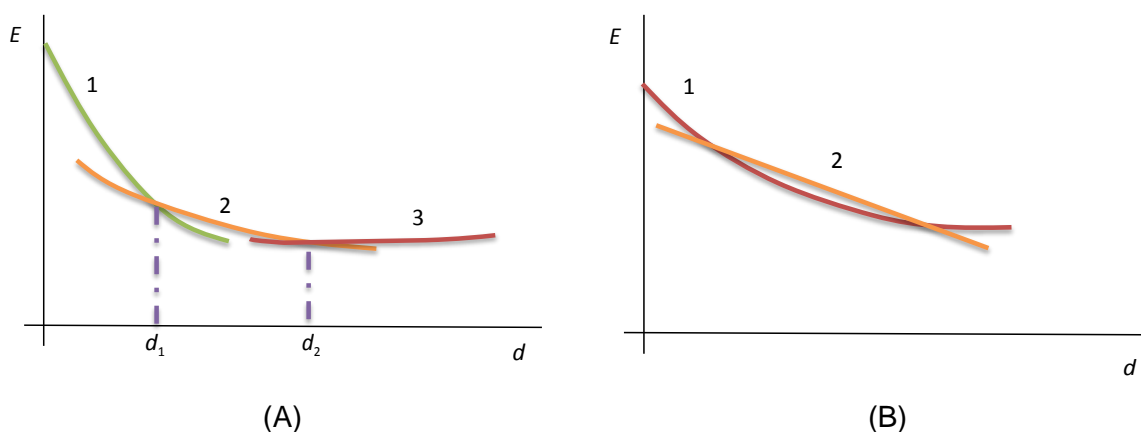


Figura 2.8 - Rendas para culturas de diversas intensidades.

Existe ainda um terceiro problema levantado por von Thünen que envolve a aplicação dos mesmos métodos com uma mudança de escala, e.g. para uma quinta individual ou para uma vila. Essencialmente existem aqui três microescalas, duas genuínas e uma que efetivamente pertence a outra categoria. A vila pode ser entendida de uma de duas formas. Em primeiro lugar, pode representar um pequeno centro que é, digamos, uma fonte de força laboral para as quintas que se encontram distribuídas em seu redor, e que precisa, ele próprio, de ser abastecido com a produção proveniente dessas quintas. Em segundo lugar, pode ser considerada, sob determinadas circunstâncias, como consistindo um aglomerado de quintas concentradas num determinado local. Estes casos são tratados de forma diferente, o primeiro

consiste essencialmente numa generalização do problema de von Thünen, onde existe um conjunto subsidiário de centros mercantis, bem como um principal (a opção considerada na restante análise efetuada) e no segundo assume-se a vila como sendo essencialmente uma grande quinta. Isto torna-a equivalente ao outro micro caso conhecido agora considerado: a própria quinta.

Em resumo, na teoria de von Thünen, a diminuição de acessibilidade é medida pela distância. Consequentemente, o aumento da distância é caracterizado pelo aumento dos custos de transporte, diminuindo o valor da terra. Com esse aumento dos custos de transporte e assumindo que as receitas obtidas com o produto no mercado são constantes, a renda da terra diminui, pois a acessibilidade também diminui. Esta teoria é denominada de teoria dos anéis concêntricos (Figura 2.9). Assim, produtos que necessitam de chegar mais rapidamente ao mercado são produzidos em locais mais próximos deste, sendo que nestes locais os seus produtores estão dispostos a pagar uma renda mais alta.

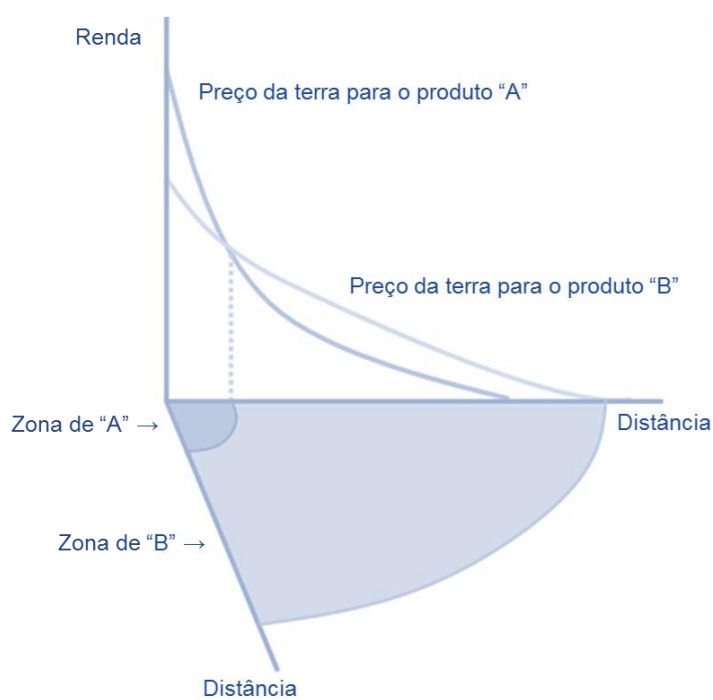


Figura 2.9 - Teoria dos raios concêntricos de Von Thünen.

Neste caso, von Thünen focou-se nos efeitos da distância sob outra perspectiva. Dado que essa força laboral e outras entradas podem ser consideradas como sendo fornecidas pela quinta, consequentemente torna-se mais dispendioso providenciar um nível particular de entradas a campos mais distantes. Utilizando exatamente os mesmos argumentos que para a

mesoescala, considera-se que a quinta estaria rodeada por anéis concêntricos de intensidade decrescente de uso. O argumento também pode conduzir a diferentes anéis de uso do solo ao refinar-se o argumento básico de von Thünen, como será demonstrado.

Uma das vantagens da formulação de von Thünen é que, dada a fórmula básica de renda (2.1), é possível sistematicamente relaxar as assunções restritivas que foram feitas no início. O próprio von Thünen, recorrendo a diagramas, demonstrou como o fazer para alguns termos. A Figura 2.10 (A) mostra o resultado, i.e. distorções, de modificar o custo de transporte introduzindo, neste caso, um rio navegável no sistema. O autor também considerou o efeito da variação do preço do grão, i.e. um dos p_s , e da produção, i.e. um dos Y_s , como se pode verificar na Figura 2.10 (B).

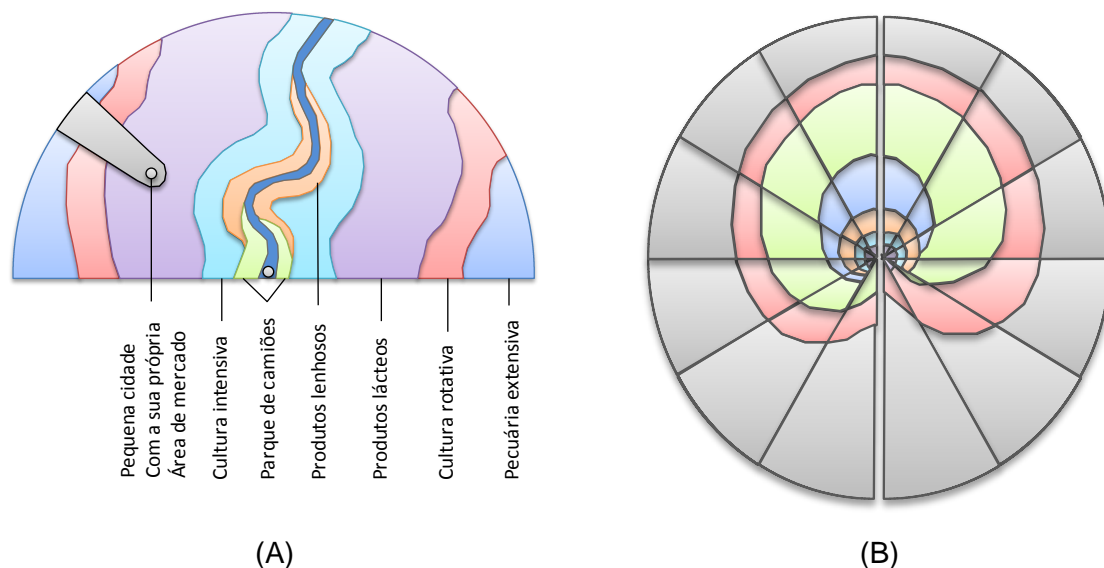


Figura 2.10 - Anéis de von Thünen modificados: (A) variando o custo de transporte e (B) variando o preço dos cereais.

De forma semelhante, pode se considerar a variação dos custos de produção, e variar os níveis de remuneração, i.e. salários, em diferentes partes da região, talvez declinando os em virtude da distância ao centro, e.g. Chisholm, 1962. Outro elemento da Figura 2.10 é a introdução de uma pequena cidade, que von Thünen considerava como um “estado independente” por direito próprio, o que indica os princípios gerais da incorporação de vilas e/ou aglomerados de baixa ordem no sistema. Muitos modelos subsequentes, tomaram por base estas ideias, como a rede proposta por Kohl em 1850, que servia um estado isolado Thuniano (Figura 2.11).

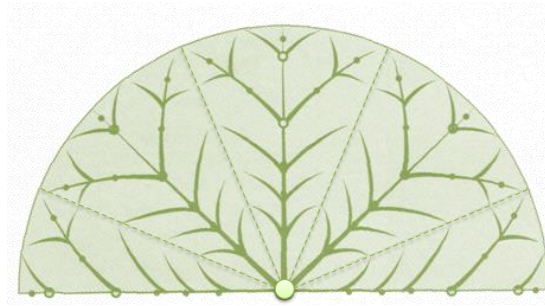


Figura 2.11 - Rede de Kohl. O tracejado subdivide-a em segmentos idênticos.

O modelo de von Thünen pode ser considerado de forma contínua e transposto para uma perspectiva matricial. Para o fazer basta entender o espaço dividido em zonas catalogadas de forma sequencial $j = 1, 2, 3, \dots$, como se encontra representado na Figura 2.12 (A). Deste modo é possível encarar o aumento da renda económica na zona j , por unidade de área, para o uso k :

$$E_{jk} = Y_k (P_k - c_k - r_k d_j), \quad (2.14)$$

onde d_j é agora a distância da zona j ao mercado. Deste modo, é possível de forma direta estender os termos desta equação de forma a incluir ligações de transporte para produtos, trabalho ou outra qualquer entrada, para um certo número de centros (ou apenas um se o desejo for o de representar os resultados originais de von Thünen).

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

(A)

(B)

Figura 2.12 - Grelha de base de uma análise de von Thünen baseada em zonas (A) e uma representação matricial dos anéis de von Thünen (B).

Dado um único mercado, neste caso, os anéis concêntricos seriam gerados como está representado na Figura 2.12 (B). Agora é possível visualizar como se podem construir padrões bastante mais complicados sem adicionar nenhuma dificuldade essencial. Assim, pode-se usar cálculo matemático para resolver um grupo muito mais lato de problemas, retendo na mesma as ideias básicas de von Thünen.

Outras extensões do problema levam-nos para além da formulação simples da renda, desenvolvida por von Thünen. Este focou-se nos efeitos dos custos de transporte nas saídas dos sistemas agrícolas. Foi possível denotar, num determinado contexto – ao nível da quinta – outro elemento que envolve custos de transporte: o fornecimento da força de trabalho. Obviamente que também é possível alocar custos de transporte a todos os outros fatores. Von Thünen considera alguns deles como a importação de estrume, i.e. fertilizante, das áreas urbanas. Estes três elementos orientados para os transportes podem ser considerados em conjunto.

Von Thünen toma o padrão de localização como garantido e a partir daí determina o padrão de uso do solo agrícola. Pelo menos nalguns casos, a variabilidade dos solos, clima e outras variáveis ambientais, pode ser tal que o uso do solo é largamente determinado por si, levantando a questão da localização das quintas e aglomerados. A localização de uma vila, digamos, pode ser agora determinada em relação aos seus recursos de entrada: produtos agrícolas, água, combustível, materiais de construção e aí por diante, e a análise pode prosseguir da forma entendida por Weber e outros teóricos locativos da mesma escola. Este ponto ilustra a ideia geral que a maioria dos problemas parciais de localização é determinada pela escolha de algo que vai ser fixo. No fim, é necessária uma análise compreensiva do equilíbrio geral.

Uma das críticas mais sérias que se podem fazer ao modelo de von Thünen, e que abre um tipo geral de questões na teoria da localização, é a sua assunção de um preço fixo e, mais importante, uma procura não elástica, i.e. qualquer quantidade de produto pode ser introduzida no mercado. Existe uma necessidade de generalizar esta noção de forma a ter curvas de procura no mercado e curvas de mantimentos, construídas fora das possibilidades de produção do sistema agrícola. Então, as quantidades, o uso do solo, intensidades e preços podem ser determinados dentro do modelo. Além destes pontos, torna-se ainda necessário endereçar a questão do comércio. Efetivamente, produzir tudo o que é necessário para um determinado mercado pode não se revelar um uso ótimo do solo. Este mercado necessita de estar ligado a outros, como acontece na realidade, através de relações comerciais de modo a que na sua área de influência se possa concentrar nos usos do solo em que a sua região detém vantagens

comparativas. Esta é uma função dos custos de transporte entre regiões, bem como, outros elementos locativos.

De uma forma geral, o que se procura é uma abordagem ao problema do uso do solo agrícola, dentro do qual muitas das “constantes” (assumidas) podem variar, e as restrições sobre o número de fixações e mercados podem ser removidas. Nessa altura, seria possível integrar as diferentes escalas consideradas por von Thünen: a quinta seria o ponto de mercado de ordem mais baixa – para uma parte do seu próprio produto, a vila o seguinte, e aí por diante. Quando o sistema se encontra distendido de forma a incluir um certo número fixações, os fluxos comerciais entre essas localidades dentro da área de influência do mercado principal também devem ser considerados. Isto pode permitir, em áreas particulares, uma maior especialização do que é permitido no sistema de von Thünen.

Este problema tem sido analisado de diversas formas. No desenrolar deste capítulo serão analisadas algumas das abordagens clássicas à análise da área de mercado, terminando com a teoria dos lugares centrais. No entanto, esta última necessita de ser integrada com as teorias de Weber que serão focadas de seguida, pelo que apenas se fará referência a estas questões posteriormente. O modelo de localização industrial desenvolvido por Weber em 1909 propôs-se a explicar a localização de uma indústria num plano simples e homogéneo. A localização final ocorrerá no ponto onde os custos de transporte da matéria-prima até à indústria e de entrega dos produtos finais no mercado sejam mínimos. Este modelo foi chamado de triângulo clássico de Weber.

2.2 TEORIA DA LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL DE WEBER

Alfred Weber (1909) publicou a obra *Über den Standort der Industrie* (Teoria da Localização das Indústrias, traduzida para o inglês em 1929) que transpôs as análises espaciais para o setor industrial tentando justificar a localização indústrias existentes na época (Cavion e Philips, 2006).

Tal como von Thünen, Weber foi um modelador, que iniciou a sua teoria com um mundo idealizado e depois, de forma semelhante ao seu antecessor, explorou as consequências de uma relaxação das suas assunções. No seu modelo básico para a localização de uma firma industrial pegou em materiais em bruto que são específicos de uma determinada localização (que também poderiam ser produtos semiacabados), os quais eram designados de localizados. A firma também pode utilizar matérias ubíquas como água ou barro. Todos estes materiais eram transformados (recorrendo a capital e trabalho) no produto que seria vendido num local de

consumo particular. É assumido que o custo do trabalho (assunção posteriormente relaxada), do capital e dos materiais ubíquos são independentes da localização e, conseqüentemente, não entram na decisão de localização da firma.

Assume-se, para facilidades de representação, que a firma utiliza produtos em bruto provenientes de duas localizações e nenhuma delas coincide com o local de consumo, como se representa na Figura 2.13 (A). Assim, M_1 e M_2 são as fontes de material em bruto e C o local de consumo. Onde deverá ficar localizada a firma? Considere-se para o efeito a localização experimental do ponto P na Figura 2.13 (B). Weber argumenta que os únicos custos que variam espacialmente são os de transporte e, portanto, a firma deve localizar-se de forma a minimizá-los. Deste modo, assumiu que estes custos são proporcionais ao peso dos materiais e a distância durante a qual o são.

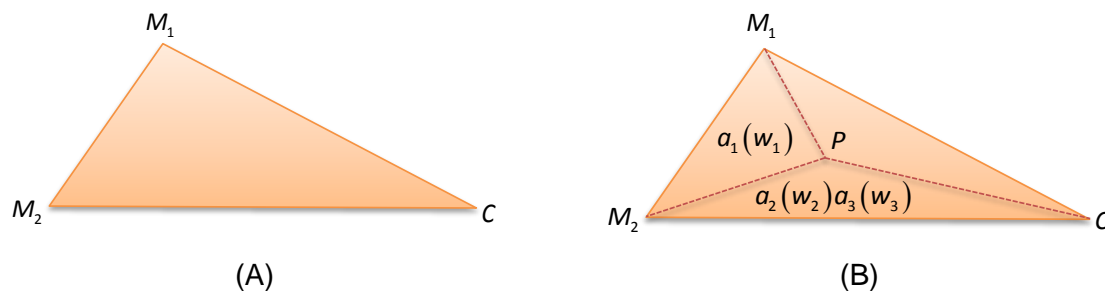


Figura 2.13 - Problema básico de Weber (A) e localização ótima de uma indústria (B).

Na Figura 2.13 (B), as distâncias de P para M_1 , M_2 e C , são representadas por a_1 , a_2 e a_3 , respetivamente. Os pesos dos materiais em bruto necessários para produzir o peso w_3 ou o produto, são dados por w_1 e w_2 . Os custos totais de transporte são então dados por

$$Z = a_1 w_1 + a_2 w_2 + a_3 w_3 \quad (2.15)$$

e tendem a ser minimizados. Note-se que as coordenadas do ponto P podem variar continuamente ao longo do espaço que foi definido.

Eventualmente, acaba por se verificar que existe uma solução mecânica para este problema, bem como uma solução geométrica, no caso em que estão apenas três pontos que “puxam”, *i.e.*, pontos de atracção. Não existe uma solução analítica para esta situação, quando entendida como um problema matemático, apesar do aparecimento da informática ter possibilitado

a elaboração de algoritmos iterativos que resolvem o problema. No entanto, para o efeito interessam as duas soluções consideradas por Weber.

A solução mecânica está representada na Figura 2.14. Imagine-se pesos localizados na extremidade de cordas a correr sobre roldanas em cada vértice do triângulo. O peso de cada vértice é proporcional aos custos totais de transporte envolvendo esse vértice em particular. Se as três cordas se unem no ponto P , então a localização de equilíbrio P fornece a solução para o problema de Weber e minimiza os custos totais de transporte (o esquema usado por Weber foi originalmente desenvolvido por Varignon para demonstrar o paralelogramo de forças em mecânica clássica).

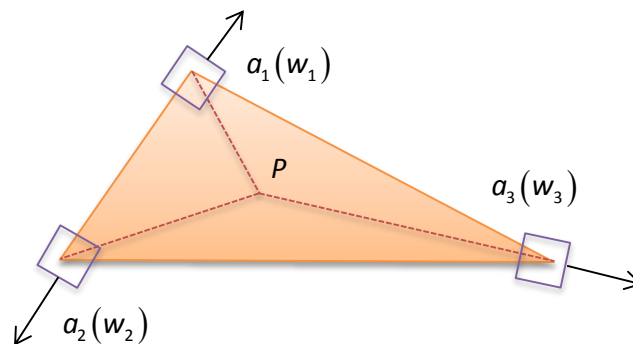


Figura 2.14 - A solução de Varignon.

A base da solução geométrica está visível na Figura 2.15 (A). Constrói-se um triângulo cujos lados tenham o comprimento dos custos totais de transporte envolvidos, designando-se os ângulos formados entre os lados de α, β e γ . Então pode ser provado que os ângulos em torno do ponto P , correspondem a $180 - \alpha$, $180 - \beta$ e $180 - \gamma$. Contudo, esta derivação apenas tem interesse histórico devido a duas razões. Em primeiro lugar foi suplantada pelo algoritmo computacional referido anteriormente e, em segundo lugar, não se adapta a casos em que existem mais de duas fontes de matéria-prima envolvidas, como se encontra representado na Figura 2.15 (B). Neste caso, a solução mecânica continua a gerar a solução ótima e o algoritmo computacional também é facilmente estendido. Assim, não se deve atribuir demasiado significado ao que é usualmente designado de triângulo de Weber como tal; o caso mais geral é bastante mais importante.

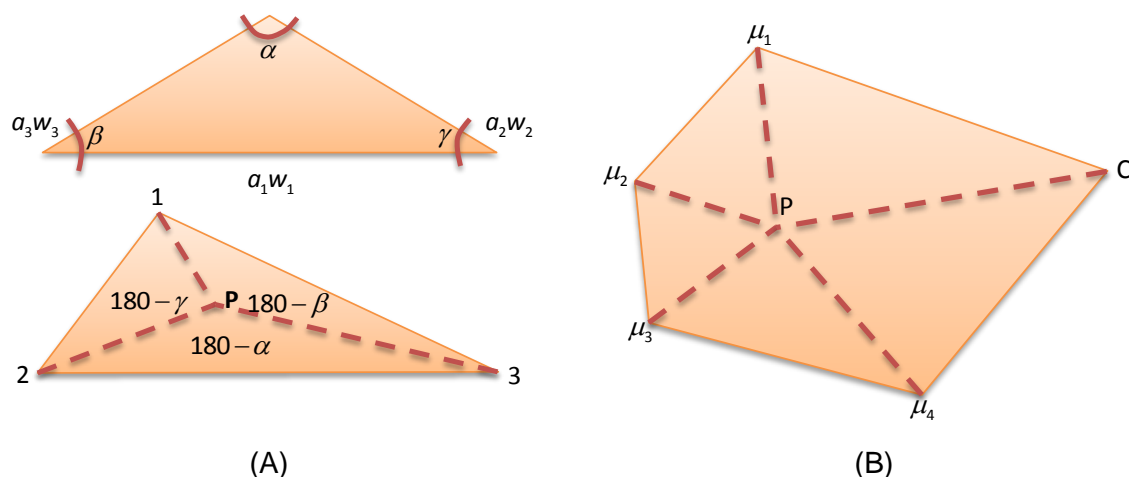


Figura 2.15 - Solução geométrica (A) e solução para o caso de haver mais do que duas fontes de material (B).

O passo seguinte seria descortinar como se pode caracterizar diferentes tipos de firmas recorrendo aos conceitos agora introduzidos. Para tal, começa-se de forma mais detalhada a natureza dos processos de produção relativamente aos vários pesos envolvidos. Weber distingue a matéria-prima em matéria bruta e matéria pura. No primeiro caso existe pelo menos alguma perda de peso durante o processo de produção. Perante materiais utilizados como combustível, e.g. carvão, todo o peso é perdido quando analisado em comparação com o produto final. Já relativamente a materiais puros, e.g. diamantes, todo o peso forma parte do peso do produto. A parte seguinte da argumentação consiste em relembrar o papel das matérias-primas ubíquas existentes no local. Estas podem ser utilizadas de forma a adicionar peso ao produto. Assim, o peso do produto pode não refletir nenhuma semelhança direta com o total dos pesos de entrada das matérias-primas brutas localizadas.

Considerando $w^1, w^2, w^3, \dots, w^n$ os pesos das n matérias-primas brutas necessárias para gerar um peso w^* do produto. O peso total da matéria-prima bruta é

$$W = \sum_m w^m \quad (2.16)$$

e Weber define o índice de materiais para uma indústria como

$$M = W / w^* \quad (2.17)$$

Este índice pode variar de zero, se não são usadas nenhuma matéria-prima bruta, a valores bastante elevados, no caso de o processo envolver um grande volume de matérias-primas brutas perdedoras de peso por um relativamente pequeno peso de produto.

Weber reparou que, o peso de matérias-primas utilizadas, só é significativo depois de uma determinada distância, a partir da qual contribuem para o peso final do produto. Por isso, definiu o total de custos de transporte gerados como:

$$W' = \sum_m w^m + w^* \quad (2.18)$$

e o peso locativo da indústria é dado por

$$L = W' / w^* \quad (2.19)$$

Das equações (2.18) e (2.19) é possível depreender que

$$L = M + 1 \quad (2.20)$$

e, portanto, basta apenas utilizar um deles.

Posto isto, como é que se pode utilizar o índice de materiais para caracterizar o comportamento locativo de diferentes tipos de firma? Weber começa por realizar algumas observações de carácter geral e, de seguida, considera um número de casos que cobre todas as possibilidades. Quando o índice de materiais é alto, a firma é atraída em direção às fontes do material. Quando o índice é inferior a um, então a localização tem de ser em C , o local de consumo. Por exemplo, se apenas forem utilizados materiais puros então $M \leq 1$ e a localização ótima vai tender para o ponto de consumo. É a proporção crescente dos materiais com perda de peso que pode atrair P para as fontes dos materiais.

Weber tomou em consideração, de forma mais detalhada, três casos: i) apenas ubiquidades. Neste caso P localiza-se sempre em C , exceto numa única e interessante situação. A exceção ocorre quando apenas um material puro localizado e não há ubiquidades. ii) o índice de materiais é um e qualquer ponto sobre a linha que une a fonte de material e o local de consumo é uma solução ótima. Este é o exemplo de um caso onde não existe uma solução única para o problema da otimização da localização; iii) utilização de materiais que perdem peso, com ou sem a existência de ubiquidades e materiais puros. Aqui podem-se identificar três subtemas interessantes: a) com apenas um material perdedor de peso isolado a localização

ótima encontra-se na fonte de material; b) se forem adicionadas ubiquidades a este caso, então a localização permanece na fonte dos materiais até que o volume de ubiquidades cresça até ao ponto em que o índice de matérias seja inferior a um; c) quando existem diversos materiais perdedores de peso, a localização será algures no polígono pelas fontes de material e o ponto de consumo e os métodos descritos em b) podem ser aplicados.

O próximo passo no argumento de Weber é ponderar relaxar algumas das assunções discutidas nos parágrafos anteriores. No entanto, é apropriado examinar primeiro as novas ferramentas que Weber deixou disponíveis para relaxar duas das suas principais assunções, relacionadas com a mão-de-obra e a aglomeração. Para começar deve-se denotar que o tratamento que o autor dá à mão-de-obra revela uma aparente inconsistência no que à sua representação espacial diz respeito. Foi sempre defendido por si que a mão-de-obra se encontra disponível num número de localizações fixas.

Portanto, está implícita uma assunção de que o custo de transporte do trabalhador para o local de trabalho é definido pelo trabalhador e não tem efeito nas taxas salariais ou na disponibilidade de mão-de-obra, *i.e.*, como Weber defendeu mais tarde, noutro contexto, a mão-de-obra vai-se relocar na localização ótima da firma. Esta situação parece improvável de ocorrer no mundo real e, em princípio, parece não haver nenhuma razão para a mão-de-obra não ser tratada da mesma forma que os outros fatores de entrada. Por outro lado, quando tentou introduzir a variável “custo da mão-de-obra (trabalho)”, fê-lo assumindo a existência da prática de diferentes taxas salariais nos pontos fixos já referidos.

Supondo-se que a localização ótima de uma firma foi encontrada utilizando-se a equação (2.20), seria então possível construir isodapanas, *i.e.*, linhas de igual custo total de transporte. Isto significa que se a localização da firma fosse movida os custos adicionais de transporte podiam ser calculados. Se isto tivesse de ser feito para um grande número de pontos a um intervalo normalizado de custo (fácil de idealizar conceptualmente, mas mais difícil de realizar) então poderiam ser desenhadas isodapanas equidistantes.

Como exemplo atente-se à Figura 2.16 onde L_1 e L_2 são as localizações de pontos fornecedores de mão-de-obra. Considerando-se a existência de um valor máximo definitivo de custos de mão-de-obra que potencialmente pode ser poupado alterando-se a localização da firma para um desses pontos, então esse valor identifica o que se designa de isodapana crítica. Se existir uma fonte de mão-de-obra dentro desta curva, poderá compensar a firma para esse ponto, se as poupanças no custo dos custos laborais compensarem o aumento dos custos de

transporte. De uma forma geral este exemplo demonstra como é que a relocação pode ocorrer.

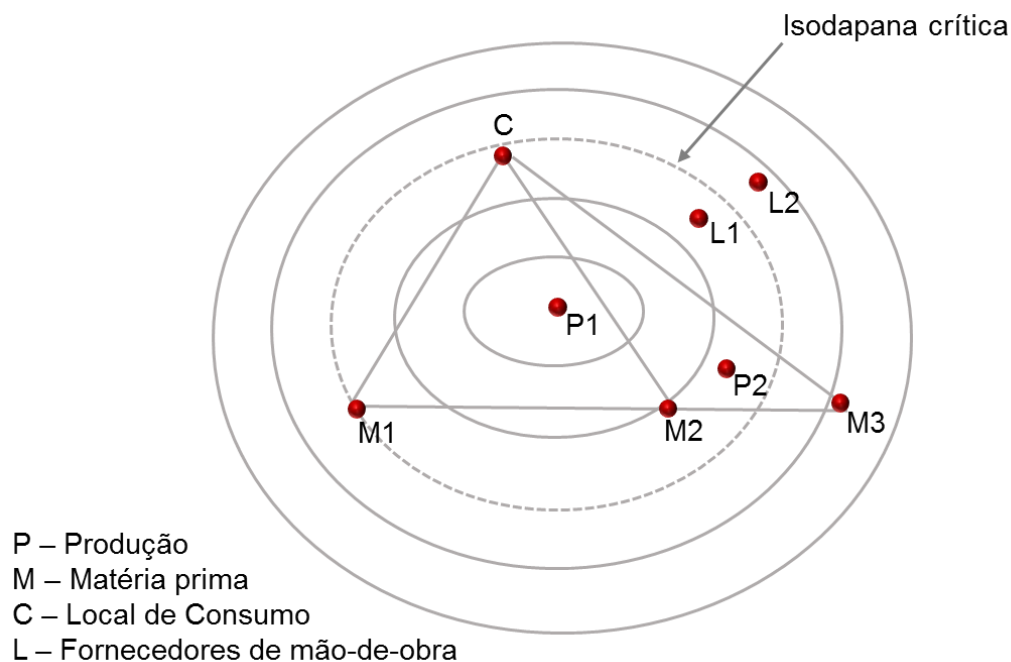


Figura 2.16 - Diagrama correspondente à Teoria da localização das indústrias (adaptado de Weber, A., 1929)

Weber reconhece que tem uma teoria bastante parcial, concentrando-se apenas sobre uma firma, que no mundo real dificilmente seria independente de todas as outras firmas. Portanto, a sua segunda maior extensão foi feita no sentido de considerar a existência de tendências para a aglomeração. Para fazê-lo identificou um determinado número de fatores que poderiam tornar atrativo as unidades fabris agruparem-se, seja várias unidades dentro do mesmo ramo industrial, ou vários ramos industriais.

O primeiro desses fatores é a possível existência de economias de escala. Efetivamente, à medida que a dimensão da unidade fabril aumenta é provável que surjam economias de escala da melhor divisão do trabalho, mais e melhores (maiores) máquinas, mais taxas (*overheads*) efetivamente partilhadas, etc. Os restantes fatores ligam-se mais à existência de outras indústrias na localização das firmas. Estes incluem, o acesso a diferentes tipos de equipamento, alguns dos quais podem ser manufaturados ou desenvolvidos por firmas pertencentes a indústrias diferentes, divisão do trabalho para todas as firmas da localidade – a possibilidade de estar disponível uma maior variedade de competências, e possibilidades de mercado melhoradas.

Weber constata que a indústria é a base de novas aglomerações populacionais e modela a localização industrial usando três fatores económicos: i) custos de transporte; ii) custos de mão-de-obra; iii) economia de aglomeração na perspetiva de minimizar os custos envolvidos. Este modelo pode-se considerar como o primeiro modelo de crescimento urbano.

Quanto ao primeiro fator, custos de transporte, Weber criou um índice que determina o rácio entre a matéria-prima e o produto final, com a finalidade de calcular se é preferível localizar as indústrias perto da fonte do material ou do mercado.

No segundo fator, custos de mão-de-obra, Weber constata que por vezes a localização de indústrias perto de onde a mão-de-obra é mais barata, mesmo que mais longe do mercado e da matéria-prima, o que pode acabar por compensar nos custos totais.

Quanto ao terceiro fator, economia de aglomeração, esta aglomeração acontece quando empresas de uma indústria ou mercado beneficiam da localização das suas instalações perto de outras semelhantes formando *clusters* que possibilitam que haja uma integração de produção entre as mesmas. Weber também notou que se pode lidar as tendências para a desaglomeração que acontece quando há uma desfragmentação desses *clusters* por desaparecerem as vantagens que levaram à aglomeração, mas que neste caso não é necessário distinguir os diferentes fatores porque os seus efeitos serão agrupados sob a crescente renda que as firmas terão de pagar. Isto advém da competição pelo território a que as firmas, de diferentes indústrias, estão sujeitas e que é provável que faça subir esse valor.

Quando os resultados destes fatores são combinados, os seus benefícios, se existirem, podem ser estimados para cada firma em particular. Podem ser tratados da mesma forma que as variações no custo da mão-de-obra. Novamente, podem ser desenhadas as isodapanas representando contornos de incremento nos custos de transporte à medida que existe um afastamento da localização ótima (em termos de transporte). Desta vez, é possível uma fixação na isodapana crítica de um certo número de firmas. Se estas possuírem uma área de intersecção, como por exemplo na Figura 2.17, então todas se poderiam deslocar para a área de intersecção e beneficiar das economias de aglomeração.

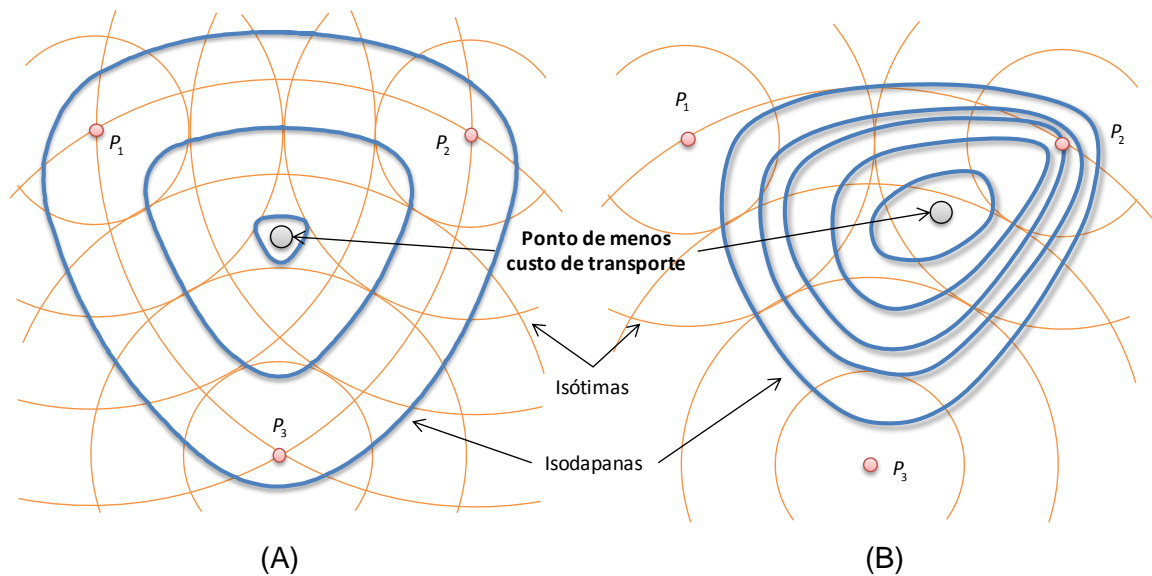


Figura 2.17 - Isodapanas e economias de aglomeração: iguais custos de transporte (A) e custos mais elevados em P2 (B).

Weber passou então à discussão de um conjunto de refinamentos do seu modelo. Por exemplo, esta análise pode ser combinada com a das deslocações em direção à mão-de-obra mais barata. Também é possível que, uma vez uma firma se (re)localize devido a uma destas duas razões, possa ser rentável mudar-se de uma fonte de matéria-prima para outra. Obviamente que existem altos ganhos particulares decorrentes da coincidência dos pontos de aglomeração com os pontos de mão-de-obra mais barata e, ainda mais ganhos, se existem pontos alternativos de fornecimento de matéria-prima que modificam os custos envolvidos em afastar-se do ponto de minimização do custo de transporte.

No seguimento desta análise foi possível identificar que as firmas para as quais as economias de aglomeração têm maior probabilidade de serem substanciais, são aquelas com maior valor acrescentado. Weber conclui a discussão sobre a aglomeração referindo as tendências de desenvolvimento que na altura eram visíveis para ele: as densidades populacionais estavam a aumentar e os custos de transporte a diminuir. Ambos os fenómenos encorajaram a aglomeração a um ritmo crescente.

Numa fase inicial, Weber considerou a possibilidade de relaxar as assunções do tipo plano uniforme que tinha feito a respeito de variáveis como os custos de transporte. Isso pode ser feito de forma mais ou menos direta pois os seus esquemas, à semelhança dos de von Thünen, estão desenhados topologicamente de uma forma que é atualmente familiar no âm-

bito da análise espacial. Também considerou um número de relaxações relativas às suposições que determinam a natureza das firmas. Ou que existem firmas que usam matéria-prima bruta e cujos produtos transformados vão constituir a matéria-prima de outras firmas.

Obviamente, estas situações podem ser analisadas usando o mesmo tipo de técnicas das apresentadas para o caso mais simples, e ele apresenta um conjunto de casos de estudo. No entanto, o seu maior ataque à relaxação de suposições, aparece nos dois últimos capítulos do seu trabalho, onde considera o que designa de orientação total, e depois examina a natureza da indústria manufatureira no seio do sistema como um todo. Weber adotou a abordagem da análise de sistemas, considerou todas as possíveis interdependências e antecipou o desenvolvimento de muitas das teorias que se encontram por detrás da análise da localização industrial e podendo-se reconhecer as sementes de muitas ideias que emergiram da parte de outros autores.

Weber começa com a discussão da organização de uma indústria particular, notando que ela é muitas vezes feita de processos técnicos que são independentes, muito embora, no fim, se encontrem ligados, o que na verdade corresponde a um caso de estudo do tipo referido no parágrafo anterior. Do ponto de vista atual, o que é mais interessante é a importância que ele dá à interdependência de várias indústrias, reconhecendo as possibilidades de indústrias multiproduto, que diferentes indústrias podem depender do mesmo tipo de materiais (particularmente materiais intermédios) e que a produção básica de uma indústria pode ser a matéria-prima de outra, e.g. material de embalar. Com efeito, uma firma pode perfeitamente tornar-se o ponto de consumo de outra. Neste caso, a firma que produz o produto auxiliar pode ser projetada para próximo da localização das outras indústrias. Na sua análise, este foi o início da noção de modelo de entrada-saída (*input-output model*).

O capítulo final é particularmente interessante pela forma como antecipa muitos dos problemas atuais da teoria da localização. Weber assegura que realizou um conjunto de suposições sobre a localização de partes de todo o sistema económico que não diz respeito à manufatura, mas determina a sua localização. Estas partes são os locais de consumo, a localização de depósitos de material, a localização dos fornecedores de mão-de-obra sendo que esta força trabalho está disponível em quantidades ilimitadas e a custos constantes. Ele ajusta-se de forma aproximada para explorar a interdependência de todos esses elementos. O reconhecimento da interdependência, e a forma como é expressa, poderia muito bem ter aparecido num livro escrito 50 ou 60 anos depois do que foi, tal a seu avanço relativamente à data.

A localização dos lugares de consumo, dos lugares de mão-de-obra e dos depósitos de material, que supostamente determinam a localização das indústrias, são elas próprias resultantes dessa mesma orientação industrial. Para cada partícula da produção industrial que se move para um determinado local devido à influência de fatores locativos, é criada uma nova distribuição de consumo tendo em atenção a mão-de-obra que emprega e a sua nova localização. Este fator pode ser a um futuro reagrupamento locativo.

O autor argumenta que para ultrapassar este círculo, é necessário assumir que existe um equilíbrio num dado tempo e considerar as modificações que podem decorrer a partir desse ponto. Com efeito, ele fornece a base de trabalho para a análise dinâmica, apesar de em termos comparativos estáticos. Posteriormente, leva o seu argumento mais à frente ao considerar que a estrutura locativa da economia é determinada, em parte, devido a fatores históricos do seu desenvolvimento, numa base hierárquica.

Esta ideia começou com a localização da produção agrícola que, reconhece, pode ser analisada usando a teoria de von Thünen. Esta gera um padrão populacional que também forma pontos de consumo para a indústria. Assim, o próximo setor a desenvolver é o que ele designa de indústria primária, que serve o setor agrícola. Deste modo pode-se considerar a existência de uma indústria secundária que serve o setor primário. Ele identifica outros grupos relacionados com a distribuição de bens e com a administração, e que esses grupos populacionais geram um outro setor industrial para colmatar as suas necessidades.

Weber, reconhece assim o efeito multiplicador destes desenvolvimentos e fica com um modelo sofisticado multissetorial de base económica ou um modelo rudimentar de entrada-saída. Ele reconheceu que a complexidade do sistema é tal que este modelo de desenvolvimento através de uma sequência de estratos ou hierarquias é muito possivelmente inadequado. A principal crítica que se lhe pode fazer é a de não ter considerado a possibilidade das firmas dentro da mesma indústria competirem entre si pelos seus mercados, e as consequências locativas desta competição.

Deve-se reter, e reconhecer, a magnitude dos seus estudos para além da localização industrial como tal, identificando a natureza do problema locativo como um todo. Weber resolveu alguns dos problemas principais e a sua influência originou muitas novas ideias. A única surpresa é que dado a existência do seu livro desde 1909 (tradução para inglês em 1929) é que muitas delas não tenham sido desenvolvidas mais cedo.

2.3 TEORIA DOS LUGARES CENTRAIS DE CHRISTALLER E LÖSCH

Walter Christaller (1933) desenvolveu a Teoria dos Lugares Centrais que modela a forma de organização espacial de centros urbanos (lugares centrais) e das suas áreas de mercado sendo que o crescimento de um centro urbano está relacionado com o seu nível de especialização em diversos tipos de serviços urbanos.

A teoria desenvolvida por Christaller é hierárquica e tem uma configuração geométrica hexagonal, onde cada hexágono representa a área de mercado de um centro urbano. Nesta teoria assume-se que o consumidor adquire produtos de baixo valor na sua própria cidade, no estabelecimento mais próximo, que compra apenas um produto (ou um grupo de produtos similares) e que está disposto a percorrer distâncias maiores para adquirir produtos de maior valor, em cidades maiores, onde pode encontrar melhores preços e produtos de maior qualidade. Assume-se também que os bens de maior valor são adquiridos tanto pelos consumidores locais quanto pelos vizinhos pertencentes a cidades menores, que a topologia da região é plana e homogênea e os custos de transporte são uniformes. Os fornecedores estão distribuídos uniformemente e com custos equivalentes e os produtos vendidos nos diversos lugares não são diferenciados.

O primeiro conjunto de centros de ordem superior a ser introduzido no sistema é designado por G e os seguintes, de nível inferior, designam-se por B. Os centros B trocam bens de ordem inferior e são equidistantes dos centros G e por isso, considerando que para adquirirem os bens requeridos, os consumidores viajam para os centros mais próximos, as áreas de mercado são partilhadas como mostra a Figura 2.18. Introduce-se então um novo conjunto de hexágonos que representa as áreas de mercado para os bens de ordem inferior.

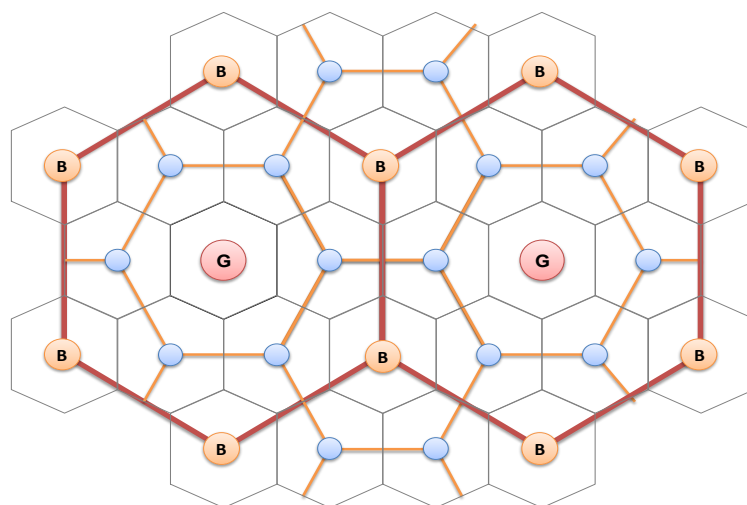


Figura 2.18 - Teoria dos Locais Centrais. (Christaller, 1933)

Este modelo é determinista, pois a organização da rede urbana não sofre nenhuma deformação, o que na realidade não acontece. As redes podem ser deformadas por diversos fatores como o relevo, presença de cursos de água ou o desenvolvimento de uma cidade industrial (Rocha, 2012) .

August Lösch, publicou em 1940 o livro "*The Economics of Location*" que contribuiu também para a Teoria dos Lugares Centrais. "*The Economics of Location*" contém um grande número de referências a outros trabalhos, sendo que utilizou teorias tradicionais como a de von Thünen trazendo novos conhecimentos mesmo a uma teoria tão bem desenvolvida.

O sistema de Christaller é muitas vezes descrito como sendo de cima-para-baixo. No entanto poderia ser descrito mais corretamente como sendo de meio-para-baixo, seguido de meio-para-cima. Contudo, o método de Lösch é sem margem para dúvida de baixo-para-cima (*bottom-up*). Ele não começa com uma população distribuída de forma contínua num plano uniforme, mas com um conjunto de quintas localizadas nos vértices de uma matriz de triângulos equiláteros. Efetivamente, verificou-se como as decisões de Christaller sobre o espaçamento dos centros B determinou a geometria de todo o sistema. A decisão equivalente de Lösch é por isso o espaçamento entre as quintas na matriz inicial. Num sentido, esta opção é menos restritiva pois não determina, por si só, o espaçamento entre os aglomerados num nível particular da hierarquia.

Anteriormente foi focado um método para gerar áreas de mercado de valores de K sucessivamente maiores para aglomerados (ou quintas) localizados numa matriz de triângulos equiláteros. O argumento de Lösch envolve calcular áreas de mercado sucessivas (em dimensão) que numera de 1, 2, 3 ..., correspondendo a $K = 3, 4, 7, \dots$, até que se identificam 150 áreas desse tipo (este número é utilizado na ilustração do seu livro, mas não há nada que indique que este número deve ser o limite). Ele então argumenta que é provável que cada área se vá comparar ao alcance real de um ou mais bens. Se for mais do que um bem, então podem ser classificadas como sendo a mesma, *i.e.*, por dimensão de área de mercado, para o propósito do argumento. Então, em princípio todas estas áreas de mercado podem ocorrer. O próximo problema é como colocá-las juntas.

A assunção chave é que uma metrópole central vai devolver aquilo que será o centro de todos os bens e, portanto, pode ser utilizada para centrar as redes de várias dimensões (Figura 2.19). O segundo passo no argumento de Lösch envolve a rotação de algumas das redes. Estas rotações são, presumivelmente, efetuadas em passos de 60° para que uma rede rodada

possua sempre os seus centros em pontos da matriz de base. Torna-se claro a partir da figura que qualquer rede envolvendo aglomerados dependentes situados nos vértices ou limites, possui orientações que os torna invariantes em respeito a rotações de 60° , mas isso não é verdade para outras redes. Por isso, o que Lössch argumenta é que as redes devem ser rodadas até que dois diferentes tipos de setores de 60° possam ser identificados: aqueles que têm mais que um número médio de centros e aqueles que têm menos. Este princípio é mostrado na Figura 2.19, onde os primeiros seis exemplos correspondem a redes não rotacionais e os três últimos a redes rotacionais, e uma visão mais global é representada na Figura 2.20.

De notar que um centro no sistema de Lössch é muito diferente do de Christaller. Um centro é a coincidência de um, ou mais, subcentros, das redes supra-impostas, algumas das quais foram rodadas. Os bens a ser tratados em cada um desses centros são agrupados através da enumeração dos subcentros coincidentes que formam esse centro em particular. Lössch leva a cabo esta rotação para atribuir à sua paisagem económica uma ordem maior daquela que, caso contrário, ela teria, justificando a operação, em parte, dizendo que ela minimiza os custos de transporte. Os custos de transporte são reduzidos quando um maior número de subcentros é tornado coincidente por intermédio de uma rotação.

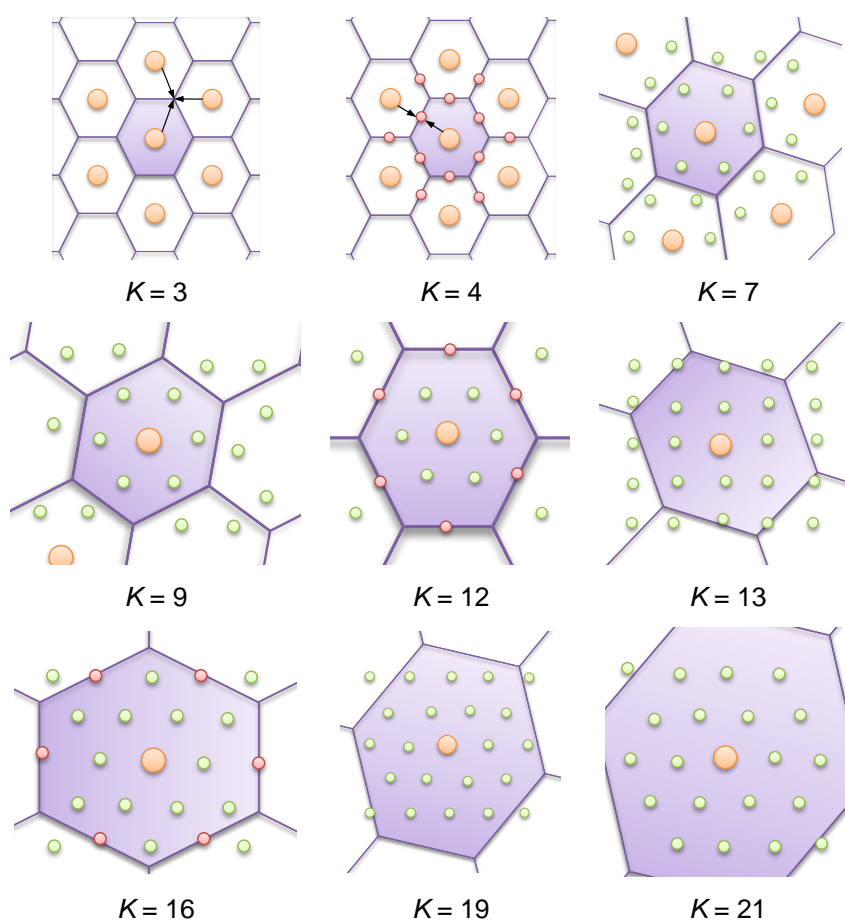


Figura 2.19 - Construção de uma paisagem de Lössch.

Uma característica do sistema espacial resultante é a ausência das relações hierárquicas da rede que emergem do sistema de Christaller. Existem regularidades espaciais envolvendo centros de ordem superior no sentido de que esses, consistindo de maior número de subcentros coincidentes, estão mais espaçados e parecem formar um padrão. No entanto, as propriedades agregadoras da rede do sistema de Christaller foram excluídas, e com elas a condição que todos os centros de ordem superior deviam vender todos os bens de ordem inferior.

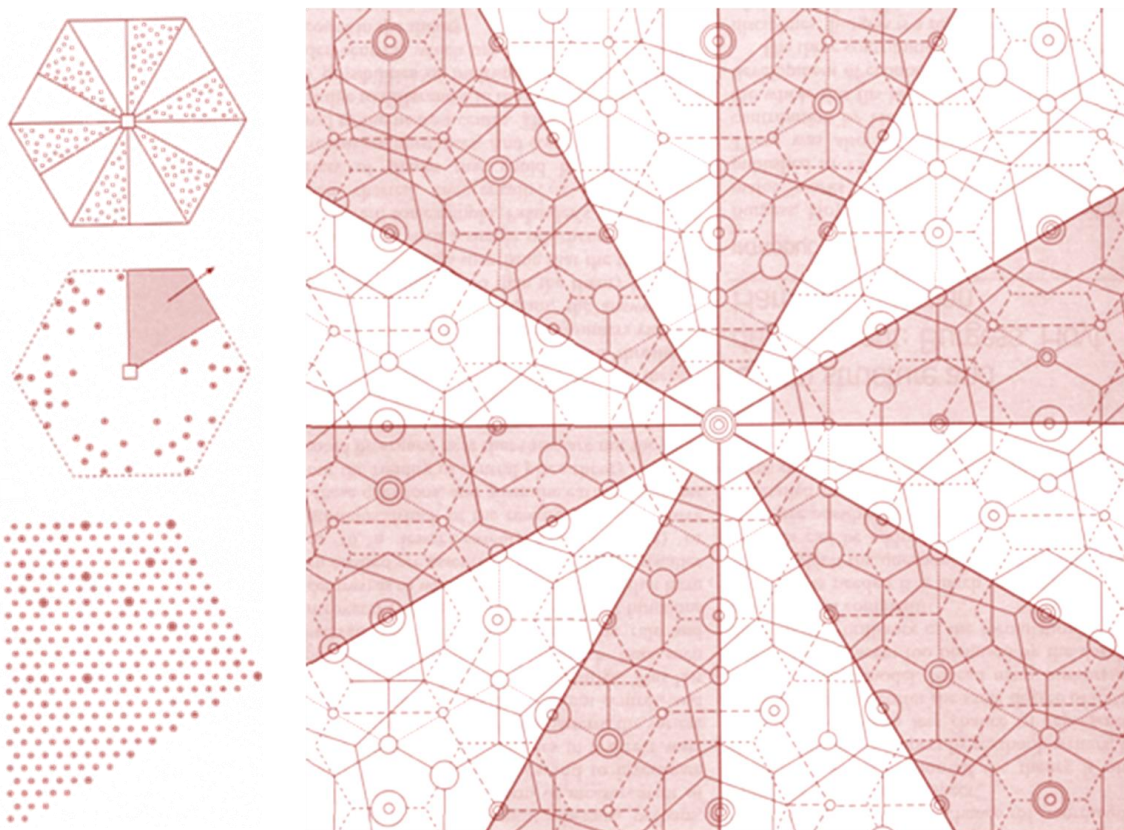


Figura 2.20 - Uma paisagem de Losh.

Anteriormente o sistema de Christaller foi criticado por possuir uma geometria tão rigidamente definida por tão poucas assunções que pudessem ser comparadas com dados empíricos. O mesmo se pode afirmar relativamente ao sistema de Lösch. A introdução de um grande número de áreas de mercado de diferentes dimensões, devido às suas relações mútuas decorrentes de como toda a paisagem é construída, cria tipos de centros bem definidos em localizações específicas. Existem inúmeras razões para pensar que possa existir uma certa variedade de centros, e isto constitui uma vantagem sobre o sistema de Christaller, mas não existe nenhuma razão para pensar que eles assumiriam necessariamente o padrão determinado por esta geometria nem é fácil modificar o padrão para que se ajuste ao que poderá ser a realidade de uma situação particular.

Apesar do sistema de Lösch ser descrito como de baixo-para-cima, existe um sentido crucial em que ele também é de cima-para-baixo, o que advém da presumida existência de uma metrópole central. É a localização desta metrópole e o conjunto de rotações em seu torno, que fornece ao sistema a sua rigidez.

Como foi explicado, as primeiras formulações da teoria dos lugares centrais relacionavam-se com aglomerados e populações rurais. A assunção de um território uniforme era, pelo menos em alguns lugares, razoável em relação à produção agrícola como o setor principal da economia, com os aglomerados a providenciar o mercado e o setor dos serviços. Ao considerar-se a agricultura como parte do setor primário, que também inclui as indústrias de recursos, distorce-se a uniformidade do plano. O setor secundário será constituído pela indústria manufatureira e vão existir fluxos importantes de bens entre as indústrias.

Por fim, existe o setor terciário que serve a população, *i.e.*, serviços, e é, talvez, aquele com que a moderna teoria dos lugares centrais mais se tem preocupado, relativamente às áreas urbanas. Pode ser necessário considerar explicitamente as ligações entre os vários setores, *e.g.* o papel dos vendedores de retalho conectando os retalhistas com os seus fornecedores de bens. Também se deve referir que existiu uma forma mais direta do uso moderno da teoria dos lugares centrais: no planeamento urbano de alguns países, pois tem sido usada como base para identificar a localização de centros comerciais de diferentes ordens.

Em princípio, a investigação empírica associada à teoria dos lugares centrais, pode tomar um incontável conjunto de formas. Talvez a mais óbvia seja utilizar alguma forma de medição da dimensão e funções dos aglomerados e investigar a aplicação das teorias de uma forma direta. Isto pode ser feito relativamente ao padrão, à variedade de funções que podem ser encontradas em diferentes centros e ao alcance da dimensão populacional dos centros. Este último tópico originou muita investigação sobre estas regularidades observadas como é o caso da regra do número de ordem, e também controvérsia sobre se a distribuição que é criada é essencialmente discreta (como previram Christaller e, em menos extensão, Lösch) ou contínua. Muita desta investigação revelou-se inconclusiva sobre estas questões e, dado o argumento prévio sobre a rigidez da teoria dos lugares centrais, talvez se possa argumentar que estas não são as questões mais importantes.

Outra faceta da investigação empírica é através das micro-relações implícitas na teoria, como se as áreas de mercado podem ser relacionadas com os limiares e alcance, *i.e.*, amplitude dos bens, ou se os consumidores visitam o centro mais próximo disponível. Mais uma vez, as respostas são muito mais complexas do que a teoria prevê. Nem todos os consumidores se

deslocam para o centro mais próximo e isto deve-se, pelo menos em parte, a diferenças na qualidade dos centros e na possibilidade de existirem viagens a centros de ordem superior com propósitos múltiplos, que não são tidos em conta pela teoria.

O próprio Christaller tinha consciência que as suposições simplificadas que formavam a base da sua teoria geravam um sistema demasiado rígido para ter alguma possibilidade de representar a realidade, dando muita atenção às relaxações e extensões. No entanto, deve-se ressaltar que a teoria é uma grande criação, oferecendo grandes perspectivas.

A versão de Lösch da teoria é muitas vezes tratada com maior respeito por parte de outros autores, mas parece apresentar ainda menor probabilidade de representar a realidade e falha quando se trata de oferecer o mesmo grau de perspectiva que o modelo de Christaller. O que é necessário é uma base bastante mais flexível, dentro da qual as questões colocadas por estas primeiras teorias possam ser colocadas. Pode-se entender que existem bases possíveis que o facilitam, que se transformam em representações alternativas do sistema espacial.

Lösch, concebeu um sistema de lugares centrais muito mais complexo do que o que Christaller havia concebido, argumentando que as suas rígidas hierarquias eram demasiado restritivas e propondo em vez disso uma rede hexagonal de áreas de mercado que se focam na localização mais central do sistema – a metrópole. Lösch afirmou que cada uma das mercadorias deveria ter a sua própria área de mercado e que empresas ou pontos de produção surgem naturalmente no centro de cada área de mercado de tamanho diferente. Esta transformação iria criar um sistema mais eficiente tanto para as empresas (princípio da aglomeração) como para os consumidores. Assim, a característica mais marcante é que cada setor tem o mesmo número de lugares centrais, mas o volume de atividades nesses locais varia.

Lösch mostrou também que os produtores aumentam os preços dos produtos em mercados locais e diminuem-nos em mercados mais distantes, por causa das diferenças na procura, que se comporta de maneira diferente de acordo com os preços e rendimentos.

Em suma, Lösch demonstra uma divisão espacial do mercado de trabalho mais realista, onde agregou a procura no espaço para perceber a área de influência de uma firma, permitindo uma abordagem de maximização dos lucros, em vez de minimização de custos.

3 MODELOS DE LOCALIZAÇÃO EM GEOMARKETING

3.1 DECADÊNCIA COM A DISTÂNCIA

O modelo designado de gradiente de densidade (*density gradient*) baseia-se na teoria de von Thünen para descrever as densidades residenciais decedentes com a distância a partir do centro (Figura 3.1) como uma função exponencial

$$D_j = A \exp(-\beta d_j) \quad (3.1)$$

onde, D_j é a densidade residencial num local j ; A é uma constante; d_j é a distância ao centro da cidade, e β é um parâmetro.

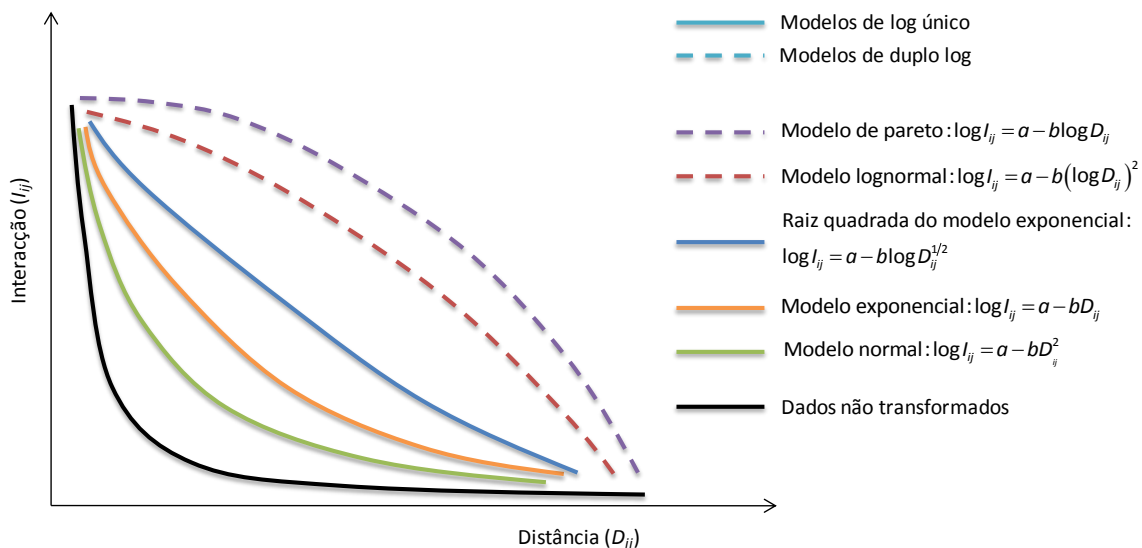


Figura 3.1 - Curvas e transformações do decréscimo com a distância.

O gradiente de densidade corresponde à taxa da perda de intensidade de uso do solo (ou densidade da população, etc.) com a distância a um qualquer ponto central, i.e., o padrão da deterioração, decadência, decaimento com a distância (*distance decay*), como sugeridos em modelos como o de von Thünen. Um dos gradientes de densidade que tem merecido bastante atenção por parte dos geógrafos urbanos é a distribuição intraurbana da população. Clark (1951), notou que a densidade da população decresce exponencialmente com a distância ao CBD (*Central Business District*) e foi feito trabalho empírico que permitiu verificar a adequação dos dados de diferentes cidades à sua equação. Em geral, quanto mais recente é o desenvolvimento de uma cidade, menos acentuado (*shallower*) é o gradiente.

Ou seja, recorre-se à atenuação de um padrão ou processo com o aumento da distância. A importância da atenuação com a distância (*distance decay*, às vezes também denominada por *lapse rate*) foi formalizada na famosa primeira lei da Geografia de W. Tobler (1970), em que tudo está relacionado com tudo, mas as coisas próximas estão mais relacionadas do que as coisas distantes. A importância empírica disto foi reconhecida nas primeiras formulações da Física Social, mas só atingiu um maior significado formal dentro da geografia com a emergência da procura por teoremas gerais de organização espacial. Na base de muitos dos modelos clássicos de estruturas espaciais, e.g. lugares centrais, de Christaller e Lösch, estão suposições acerca da interação espacial, a qual, na forma do modelo gravítico típico reconhece o efeito inverso do efeito de distância, o qual é capaz de uma série de expressões matemáticas.

Em qualquer evento, a decadência com a distância não é independente da geometria do sistema, no qual qualquer interação ocorre, e em alguns modelos de localização isto é particularmente reconhecido através de uma discussão paralela sobre a acessibilidade de um arranjo de pontos numa superfície de movimento (ou rede) à volta de um qualquer centro hipotético, e.g. modelo de von Thünen. Devido a estas conexões lógicas, pode-se representar a interação e a geometria como inseparáveis da teoria geográfica. Contudo, o assunto não acaba claramente aqui, na medida em que tal independência revela dificuldades interpretativas fortes. Assim, enquanto as curvas da decadência com a distância podem ser identificadas empiricamente, não é claro até que ponto a sua forma é dependente da estrutura do modelo usado para as replicar, nem até que ponto pode ser dados um significado substancial aos seus parâmetros.

3.2 MODELOS GRAVÍTICOS

Os modelos de interação espacial têm uma história bastante longa que, para os modelos gravíticos *per se*, culminou nos anos 1940 e 1950. Deste modo, os modelos gravíticos encontram-se na charneira entre os modelos geográficos clássicos e os modelos de interação espacial, constituindo assim a base sobre a qual foram construídos modelos mais produtivos. O modelo inicial proposto pela Física social no século XIX, mas revitalizado em meados do século XX (revolução quantitativa) era baseado de forma crua na equação da gravidade de Newton:

$$G_{ij} = gM_iM_j / d_{ij}^2 \quad (3.2)$$

onde a força gravítica (G_{ij}) entre duas massas, M_i e M_j , é proporcional à constante da gravidade g e ao produto das suas massas ($M_i * M_j$) e inversamente proporcional ao quadrado da distância (d_{ij}) entre eles.

Existem duas grandes análises dos primeiros trabalhos sobre o modelo gravítico, elaborados por Carrothers (1956) e por Olsson, (1965), apesar de Isard (1960) também apresentar uma elaboração valiosa sobre o tema (Figura 3.2). Carrothers atribui a primeira referência ao modelo gravítico a Carey (1958) que afirmava que quando maior o número recolhido num dado espaço maior a sua força atrativa exercida a partir desse espaço, a gravidade está aqui presente, tal como em todo o lado, num rácio direto com a massa e inverso com a distância.

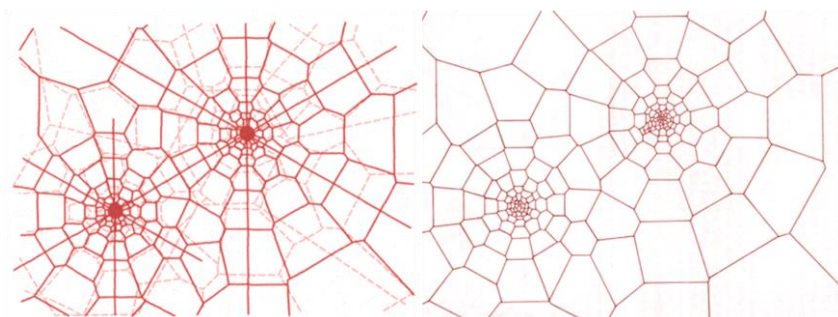


Figura 3.2 - Modelo de Isard.

As primeiras aplicações desta ideia foram levadas a efeito por Ravenstein (1885) e Young (1924) no contexto das migrações e por Reilly (1929) no do comércio retalhista. Os dois modelos de migrações possuem uma forma similar. A equação base de Ravenstein não se encontra explicitada matematicamente, apenas implícita no texto do autor, mas pode ser escrita como,

$$M_{ij} = f(P_i)f(P_j)/d_{ij} \quad (3.3)$$

e a de Young,

$$M_{ij} = kP_iP_j/d_{ij}^2 \quad (3.4)$$

onde, em ambos os casos M_{ij} é o número de migrantes da cidade i para a cidade j , P_i é a população da cidade i e d_{ij} é a distância entre elas. Na equação (3.3), $f(P_i)$ representa uma função de P_i (que pode ser assumidamente uma constante), e na equação (3.4), k é uma

constante. Os valores de população P_i estão a ser utilizados como massa, no sentido de Carey (e ele parece ter implicado na citação que deve existir apenas uma na equação), apesar de não haver nenhuma referência formal à lei da gravidade.

Esta simples formulação ilustra a maioria das características dos modelos gravíticos. Em primeiro lugar, necessitamos de uma medição do termo massa, e Ravenstein reconhece explicitamente que isto pode não ser tão simples como a população por si só. Em segundo lugar, é preciso definir qual é a função da distância. Esta questão é levantada pelos dois exemplos anteriores, dado que um deles mostra o fluxo de população como inversamente proporcional à distância e o outro, como inversamente proporcional à distância ao quadrado.

Numa abordagem bastante interessante, Reilly usou conceitos gravíticos, não para representar diretamente fluxos, mas para demarcar áreas de mercado de comércio a retalho. Considerando as cidades i e j , e as suas populações P_i e P_j , respetivamente, qual é o ponto, situado sobre uma linha reta que une as duas cidades, que se encontra no limite das duas áreas de mercado? Considerando que este ponto dista d_{ix} de i e d_{xj} de j . Então a lei de Reilly pode ser descrita como

$$P_x / d_{ix}^2 = P_y / d_{xj}^2 \quad (3.5)$$

Note-se que ele usa a distância inversa ao quadrado e as populações como uma medida do poder atrativo dos centros de retalho. Pode-se argumentar que esta equação é relativa a um consumidor típico localizado em x . Neste caso, se P_x é a população de x , e assumirmos que x está do lado i da linha, o fluxo pode ser representado como

$$I_{ix} = k P_i P_x / d_{ix}^2 \quad (3.6)$$

onde I_{ix} representa o fluxo de consumidores de i para x e k é a constante de compatibilidade. Isto demonstra uma nova característica dos modelos gravíticos, a de que há dois termos de massa envolvidos, o que torna a equação mais parecida ao conceito original de Newton.

O conceito de gravidade foi formalizado nesses termos, por Stewart (1942) e Zipf (1946) nos anos 1940. Zipf era um sociólogo que relacionou a gravidade dos fluxos sociais com o princípio de menor esforço, i.e., menor custo. Este trabalho conduziu a um conjunto de aplicações

em vários tipos de fluxos: de passageiros, retalho, telefonemas e circulação de jornais, etc. Neste sentido, o potencial é definido como a possibilidade de interação e é definido como

$$V_{ij} = P_i / d_{ij}^2 \quad (3.7)$$

onde V_{ij} é o potencial de interação entre i , e.g. uma pessoa, e j . Então é possível calcular o potencial total:

$$V = \sum_j V_{ij} \quad (3.8)$$

Repare-se que nos argumentos baseados na física, a formulação do potencial tem um termo inverso da distância quando o fluxo é baseado da distância inversa ao quadrado. O valor V na equação (3.8) mede a acessibilidade entre o ponto i e todos os outros possíveis.

Existem pelo menos duas maneiras óbvias de desenvolver o modelo gravítico tradicional: primeiro através de uma nova abordagem à noção de massa, e em segundo lugar, escrutinando a natureza da função de distância. No primeiro caso, a maioria das pessoas pareceu, durante muito tempo, surpreendentemente amarrada à ideia da população como massa.

A função de distância também apresentava uma fraqueza óbvia. Existem razões fundamentais na física para que seja aplicada uma lei do inverso ao quadrado, mas estas não se aplicam às ciências sociais. Nestas primeiras aplicações os autores autorrestringiram-se durante muito tempo a uma formulação bastante simples que estava dimensionalmente errada. Na equação (3.6), por exemplo, se ambas as populações duplicarem, então os fluxos de retalho quadruplicam, o que intuitivamente não parece razoável. O primeiro passo para resolver este problema é substituir na formulação apresentada, o valor 2 pelo parâmetro β . O segundo passo nesta linha de ação é substituir a função de potência por uma mais geral, e.g. $f(d_{ij})$, investigando depois, tanto teoricamente como empiricamente, as possíveis formas que esta pode tomar. Os meios para retificar isto usando proporções existiam, mas estas dificuldades só foram resolvidas quando, nos anos 1950, o modelo foi adotado em larga escala por cientistas e outros, que se dedicavam ao estudo dos transportes. Finalmente, da mesma forma que se pode questionar a forma de medir a massa, também é possível fazê-lo relativamente à distância. Esta pode ser constituída por distâncias tempo ou distâncias custo. No entanto estas ideias foram substancialmente sobrepostas pelo emergir dos modelos de interação espacial.

É interessante que a maioria das aplicações dos primeiros modelos gravíticos era em fluxos intercidades. Isto ocorria porque os autores da altura estavam satisfeitos por utilizar sistemas espaciais compostos por pontos, mas poucos consideravam o sistema de zonamento discreto que viria a ser a fundação dos futuros desenvolvimentos. No entanto, existe uma característica importante da representação espacial a reter. Apesar dos modelos gravíticos estarem, nesta fase, principalmente preocupados com fluxos, eles foram usados bastante cedo em fluxos de retalho, e nesse sentido foram usados para representar áreas de mercado. O facto de na primeira aplicação de Reilly o modelo ter sido apenas implicitamente usado como modelo de fluxos, tendo como principal objetivo a demarcação de áreas de mercado não sobrepostas, é elucidativo da linha de pensamento que proliferava na altura. Na prática, uma das maiores realizações da abordagem do modelo gravítico foi representar, as mais realistas, áreas de mercado sobrepostas.

3.2.1 Lei de Reilly e Modelo de Huff

William Reilly (1931), usou, no seu livro *The Law of Retail Gravitation*, uma analogia à Lei da Gravitação Universal de Newton para calcular a área de mercado em torno de um centro de comércio. Esta descoberta é atualmente associada com uma das mais conhecidas leis no mercado imobiliário: a lei de Reilly.

A lei de Reilly afirma que, dada uma pequena cidade entre outras duas maiores, as cidades maiores atrairiam clientes da pequena, em proporção direta com as suas populações (fator massa) e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias de separação das duas cidades maiores à cidade mais pequena. Este modelo determina então que o consumidor realiza compras na cidade com maior poder de atração.

Em analogia à lei da gravitação universal, Reilly substituiu os termos que representam as massas do corpo celeste pelas populações de dois centros de comércio. A Figura 3.3 retrata essa mesma analogia, mostrando dois centros de comércio, A e B, e o ponto onde é alcançado o equilíbrio, X. Os consumidores que se localizem entre A e X serão atraídos para o centro A enquanto consumidores localizados entre X e B serão atraídos para o centro B.

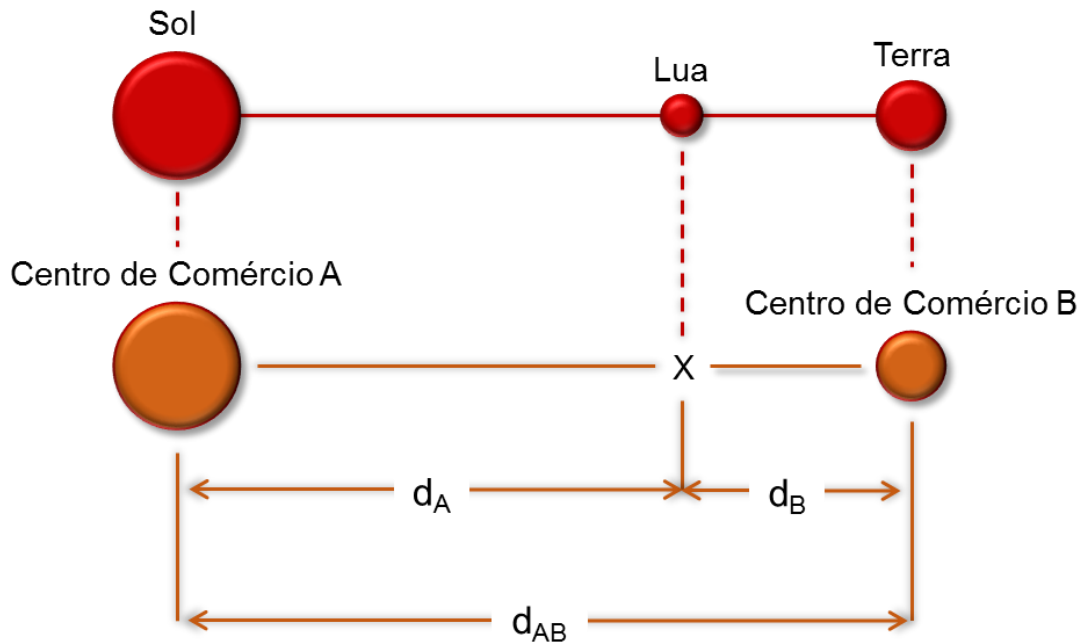


Figura 3.3 - Analogia da lei de Reilly com a lei da gravitação universal.

Considerando d a distância, X a localização do consumidor, A o centro de comércio A , B o centro de comércio B , P a população do um centro de comércio e F as forças de atração que o centro de comércio exerce sobre o consumidor localizado em X , a expressão formal deste modelo é:

$$F_{AX} = \frac{P_A}{d_{AX}^2} \text{ e } F_{BX} = \frac{P_B}{d_{BX}^2} \quad (3.9)$$

em que

$$d = d_A + d_B \quad (3.10)$$

e

$$d_B = \frac{d}{1 + \sqrt{\frac{P_A}{P_B}}} \quad (3.11)$$

No entanto, a lei de Reilly é limitada, pois apenas considera a distância euclidiana e tamanho das populações para calcular o ponto de equilíbrio, não considerando aspetos como a popularidade de um centro ou a rede viária.

Em 1964, David Huff desenvolveu um modelo gravitacional que considera que a atratividade que um centro comercial exerce sobre os consumidores é baseada em fatores probabilísticos, contrariando o modelo determinístico adotado por Reilly.

Huff (1964) analisou estudos relacionados com áreas de influência e realçou quatro questões que foram demonstradas:

1. A proporção de consumidores de uma determinada área comercial varia com a distância da área comercial;
2. A proporção de consumidores de várias áreas comerciais varia de acordo com a mercadoria oferecida por cada área de compras;
3. As distâncias que os consumidores viajam para várias áreas comerciais variam consoante diferentes tipos de compras de produtos;
4. A atratividade de uma dada área de compras é influenciada pela proximidade de áreas comerciais concorrentes.

Segundo Huff, o foco principal do modelo é o consumidor e não o centro comercial, pois o consumidor é o agente primário que afeta a área de influência do mesmo. O modelo descreve o processo pelo qual os consumidores escolhem entre alternativas para obter bens e serviços específicos. Huff foi então o primeiro a salientar os comportamentos dos consumidores no seu modelo.

Huff concluiu que a força de atração de um centro comercial sobre um consumidor é diretamente proporcional à área do centro e inversamente proporcional ao tempo de percurso do consumidor até este centro.

Considerando P_{ij} a probabilidade de um consumidor localizado na origem i de se deslocar a um centro comercial j , S_j o tamanho em metros quadrados do centro comercial j , T_{ij} o tempo de percurso gasto para o consumidor se deslocar da origem i até o centro comercial j e λ o parâmetro a ser estimado de forma empírica que reflete o efeito do tempo de viagem de acordo com o tipo de produto a ser adquirido.

A expressão formal deste modelo é:

$$P_{ij} = \frac{\frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}}{\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}} \quad (3.12)$$

As seis conclusões gerais de Huff são:

1. Uma área de influência representa a superfície de procura que contém potenciais clientes para um produto ou serviço específico existentes num centro de distribuição;
2. Um centro de distribuição pode ser uma única empresa ou uma aglomeração de empresas;
3. A superfície de procura consiste numa série de gradientes de procura que refletem o potencial de vendas;
4. Os gradientes de procura são de natureza probabilística, variando entre zero e um, ambos exclusive, sendo que o valor um representa uma situação de monopólio;
5. O potencial total de clientes de uma superfície de procura (*trading area*) de um centro de distribuição é a soma do número de consumidores esperados de cada um dos gradientes de procura;
6. Gradientes de procura de empresas que fazem concorrência entre elas sobrepõem-se e é atingido um equilíbrio de competição onde gradiente de probabilidade igual se intersectam.

Huff definiu assim área de influência como “uma região geograficamente delimitada, contendo os potenciais clientes para os quais existe uma probabilidade maior do que zero de compra de uma determinada classe de produtos ou serviços oferecidos para venda por uma determinada empresa ou por aglomeração de empresas” «tradução livre».

Considerando T_j a área de influência de uma determinada empresa ou por aglomeração de empresas j , ou seja, o número de consumidores numa determinada região que são suscetíveis de visitar j à procura de uma classe específica de produtos ou serviços, P_{ij} a probabilidade de um consumidor que reside num gradiente i fazer compras em j e C_i o número de consumidores que residem num gradiente i . Esta definição pode ser expressa como:

$$T_j = \sum_{i=1}^n (P_{ij} \cdot C_i) \quad (3.13)$$

A popularidade e longevidade deste modelo podem ser atribuídas à sua relativa facilidade de utilização e aplicabilidade a uma grande variedade de problemas, sendo a predição de comportamentos do consumidor o problema mais estudado.

3.3 MODELOS DE INTERAÇÃO ESPACIAL

A partir deste momento passamos pela primeira vez de uma geografia de geometrias rígidas para a possibilidade de padrões mais complexos: um mosaico de fluxos ou uma matriz que conecta uma qualquer pequena área de uma cidade ou região, com todas as outras. Para um concelho, e.g. Almada, com 7 zonas, e.g. freguesias, existem $7 \times 7 = 49$ fluxos possíveis, cada qual passível de ser marcado num mapa com uma seta, com espessura proporcional ao fluxo. Os números muito grandes (dependentes do contexto) normalmente inibem este tipo de representação.

Os primeiros modelos de interação eram conhecidos como modelos gravíticos devido a serem baseados na analogia com a física de Newton. Verificou-se no ponto anterior (cf. modelos gravíticos) que quase todos os autores aplicaram o modelo em contextos intercidades: certamente em situações onde a interação se pode considerar como fluindo de ponto para ponto. O conceito de fluxos entre centroides de zonas ainda não tinha sido tornado explícito. Apesar de toda a lógica de um modelo de interação implicar um necessário reconhecimento (que é empiricamente reconhecido) que os fluxos, e consequentemente as áreas de mercado, se sobrepõem, Reilly continuava a tentar o modelo no estilo dos outros teóricos clássicos.

A abordagem destes modelos é essencialmente parcial, apesar dos principais desenvolvimentos que deram origem aos modelos contemporâneos permitirem competição e, nesse sentido, lançarem as bases para um modelo compreensivo. A teoria é, como já foi referido, baseada na analogia com a lei da gravidade de Newton cuja formulação, expressa em (3.6) é aqui repetida por efeitos de conveniência:

$$I_{ij} = kP_iP_j/d_{ij}^2 \quad (3.14)$$

apenas se substituído a notação M , i.e., migração, por I , i.e., interação. O método de construção do modelo não necessita de mais nada para além da simples álgebra, apesar de ser útil conseguir representar I_{ij} como o elemento (i, j) da matriz:

$$\{I_{ij}\} = \begin{matrix} & I_{11} & I_{12} & I_{13} & \dots & I_{1N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & \vdots \\ I_{N1} & I_{N2} & I_{N3} & & & I_{NN} \end{matrix} \quad (3.15)$$

para um sistema de N zonas.

Existe um bom argumento para incluir a interação como uma parte da teoria geográfica clássica. A sua cronologia suporta-o, sendo importante observar como as sementes da teoria contemporânea estiveram presentes ao longo de virtualmente todo o período clássico. Isto apesar de os produtos resultantes serem largamente usados no estilo do trabalho desenvolvido na altura e não como base para um salto para algo novo. Neste caso, ao contrário do que acontecia, por exemplo, com Weber, as técnicas matemáticas relevantes já estavam disponíveis.

Os métodos aqui empregues são matemáticos e ligados às origens da teoria da complexidade nos anos 1970, claro que sem serem reconhecidos como tal na altura. As ideias chave podem ser compreendidas usando uma notação matemática simples, principalmente álgebra de matrizes. Uma análise total da teoria em questão exige conhecimentos de cálculo, programação matemática e aspetos da teoria de sistemas dinâmicos – o que pode agora ser visto como um incremento à matemática da teoria da complexidade. Como o nome deste ponto indica, o *focus* geográfico dos sistemas definidos são as localizações das várias entidades, as interações entre elas, e as mudanças mais lentas das variáveis que representam a estrutura. Todos em conjunto permitem seguir os sistemas através do tempo até a modelação dinâmica. Os modelos dinâmicos são aqui vistos como protótipos da teoria da complexidade, apesar de não serem vistos como tal na altura do seu desenvolvimento. Assim, forneceram as bases para a teoria dos sistemas complexos espaciais.

Os modeladores da interação, como temos vindo a afirmar, tinham a ideia certa, mas falharam em tentá-la transportar para a sua última conclusão. Podemos agora argumentar que o modelo de interação, apropriadamente estendido, pode providenciar a base para uma base teórica muito mais compreensiva e unificada para análise urbana e regional.

Relativamente ao aparecimento de melhores modelos de interação espacial, estes tiveram a sua origem no período pós-guerra com o aumento do número de carros e a expansão urbana verificados nos Estados Unidos da América (EUA). Em meados dos anos 1950 estavam já em desenvolvimento grandes estudos sobre os padrões de transporte em muitas das cidades americanas, sendo as duas mais importantes em Detroit e Chicago. A pressão imposta pelo planeamento destes estudos coincidiu com o aparecimento da informática, e um novo modelo matemático era praticamente exequível pela primeira vez.

As primeiras tentativas de modelar fluxos de transporte envolveram a recolha de muitos dados sobre fluxos origem-destino e depois retirar da matriz resultante os fatores de forma a gerar

uma predição. Neste caso teríamos a matriz observada T_{ij}^{obs} , e suponhamos que as origens e destinos preditos são, respetivamente, O_i e D_j . Como é que é possível obter uma matriz de predição de fluxos de transporte T_{ij} de tal forma que

$$\sum_j T_{ij} = O_i \quad (3.16)$$

e

$$\sum_i T_{ij} = D_j ? \quad (3.17)$$

O procedimento iterativo para resolver este tipo de problema, reconhecido como usando um teorema de ponto fixo, pode ser escrito como:

$$T_{ij} = A_i B_j T_{ij}^{obs} \quad (3.18)$$

com

$$A_i = \sum_k O_i / B_k T_{ik} \quad (3.19)$$

e

$$B_j = \sum_k D_j / A_k T_{jk} \quad (3.20)$$

que então asseguram que (3.16) e (3.17) são satisfeitas. Note-se que cada equação A_i depende de todos os B_j e vice-versa. Deste modo as equações têm de ser resolvidas iterativamente. Isto ensinou os engenheiros de transportes como introduzir nos modelos os fatores A_i e B_j , alcançando assim algo mais que o k singular do antigo modelo gravítico (cf. equação (3.15)).

Existe ainda uma importante introspeção teórica que conduz para a próxima fase da argumentação sobre a construção de um modelo de interação. O fluxo de transporte deve ser uma função do uso do solo e uma predição adequada só pode ser obtida por um modelo que tornasse isto explícito em vez de efetuar uma análise fatorial sobre uma matriz de fluxos observados. Foi então um relativamente pequeno passo passar a usar fatores como A_i e B_j em (3.18) para construir um modelo gravítico refinado, agora designado, com mais propriedade, de modelo de interação espacial, por causa dos diferentes fatores e da forma mais geral da função de distância. Em vez de d^{-2} foi utilizado $c^{-\beta}$ com um parâmetro mais geral, β , e c_{ij} como uma medida dos custos de transporte. Então

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j c_{ij}^{-\beta} \quad (3.21)$$

onde

$$A_i = 1 / \sum_k B_k D_k c_{ik}^{-\beta} \quad (3.22)$$

e

$$B_j = 1 / \sum_k A_k O_k c_{kj}^{-\beta} \quad (3.23)$$

para assegurar que (3.16) e (3.17) são satisfeitas (as equações (3.22) e (3.23) podem ser derivadas, simplesmente introduzindo (3.21) em (3.16) e (3.17) e rearranjando). O número de viagens geradas, as origens (ou produções), O_i , e os destinos (ou atrações), D_j , eram estimadas num submodelo separado como função do uso do solo e as variáveis referentes às atividades associadas.

3.3.1 Modelos de localização-alocação

Os estudos geográficos têm uma larga tradição na geração de teorias e modelos gerais para a análise das atividades humanas. Particularmente, no que diz respeito as atividades terciárias, é possível considerar a teoria dos lugares centrais, proposta por Walter Christaller em 1933, como um modelo espacial de localização ótima dos centros urbanos a nível regional. Na sua formulação, os conceitos de limite e alcance são apresentados como uma base dedutiva do qual podemos explicar certas regularidades empíricas que foram apresentadas na sistematização realizada por Beavon (1980).

Do ponto de vista do modelo, as localizações (pontos potenciais de oferta e procura), as distâncias (ideais ou reais) e os custos de deslocamento (atrito espacial) são apresentadas como os principais fatores que produzem diferentes configurações territoriais no sistema. Um conjunto de estudos centrou-se na atividade terciária, e no que respeita à evolução, avançou para uma mudança de escala da análise dos centros urbanos (regional) para o interior dos centros das cidades (local). Este facto materializou-se no geomarketing, um conceito apresentado por Berry (1971) tendo a sua capacidade atual sido amplamente analisada por uma série de autores (Jiménez 1995, 2004; Bosque Sendra, 2004; Bosque Sendra e Jiménez, 2004; Salado García, 2004; Baxendale *et al.*, 2008).

Deste ponto de vista, a teoria da localização leva em consideração os problemas de instalação de serviços e gera um duplo objetivo: por um lado, encontrar as melhores localizações e por outro, determinar a alocação da procura para esses centros. Para resolver este duplo objetivo foram desenvolvidos os modelos de localização-alocação.

Os modelos de localização-alocação são um conjunto de técnicas utilizadas para resolver vários problemas de localização. A aplicação típica de um modelo de localização-alocação envolve a localização de instalações, selecionando um conjunto de locais a partir de um conjunto maior de locais candidatos, com a função de "otimização" em termos de alocação de procura para os locais selecionados (Fotheringham *et al.*, 1995).

De acordo com Ramirez e Bosque Sendra (2001), os modelos de localização-alocação possuem as seguintes características: i) são modelos matemáticos, uma vez que esta ciência é considerada adequada para captar a realidade; ii) são modelos espaciais a escalas intermédias porque os aspetos a ser resolvidos já são delimitados por um território; e iii) são modelos normativos⁴, porque é preciso procurar a melhor solução para um determinado problema.

Em síntese, os modelos de localização-alocação tentam avaliar a localização atual dos centros de serviço numa base de distribuição de procura e tentam gerar alternativas para alcançar uma distribuição espacial mais eficiente e/ou equitativa. Esses modelos são projetados para encontrar as melhores localizações e determinar as melhores ligações (*links*) da procura (alocação). Nos últimos anos a aplicação de modelos de localização-alocação, até mesmo aqueles operacionalizados com base em sistemas de informação geográfica (SIG), foram enquadrados num sistema específico designado sistema espacial de apoio à decisão (*Spatial Decision Support System* [SDSS]).

De acordo com Bosque Sendra *et al.* (2000) o principal objetivo dos SDSS é fornecer um ambiente necessário, composto por *hardware* e *software*, para apoiar os utilizadores em matéria de tomada de decisões espacialmente explícitas. Neste sentido, o estudo dos problemas

⁴ Os cenários podem ser normativos ou exploratórios. Os cenários normativos formam futuros pretendidos, expressando sempre uma determinação ou compromisso de um agente ou conjunto de agentes que atuam de forma pactuante face a determinados objetivos. A lógica por detrás da elaboração desses cenários consiste em: i) determinar o futuro desejado; e ii) definir como alcançá-lo a partir da situação presente (Beckmann, 1988). Por outro lado, os cenários exploratórios representam futuros possíveis/prováveis na conjuntura em análise, recorrendo à simulação e desenvolvimento de determinadas condições iniciais, sem assumir especificamente uma opção ou preferência por qualquer um dos cenários futuros considerados (Tukey, 1993).

de exploração, a geração de várias soluções e a avaliação das diferentes alternativas precisam ser considerados.

Densham (1991) apresenta dois níveis diferentes no que respeita à aplicação dos SDSS, um em que o utilizador toma decisões de forma a gerar, avaliar e escolher soluções alternativas e outro em que a interface de sistema alcança uma interação multidirecional entre a base de dados e as suas possibilidades para produzir relatórios gráficos e numéricos. Finalmente, deve-se notar que os modelos de localização-alocação são metodologias muito úteis para apoiar a tomada de decisões para cuidados de saúde (Rahman e Smith, 2000).

A competição de grandes mercados de retalho tem-se tornado tão elevada que as empresas têm de prever a penetração de mercado com a ajuda da fixação de várias lojas em diferentes localizações (Cliquet, 2006). No que diz respeito à instalação de serviços é necessário ter em conta dois objetivos: por um lado, é necessário encontrar as localizações ótimas, por outro é preciso determinar a alocação da procura (Buzai, 2013). O problema da localização-alocação tem um importante papel neste assunto desde que foi proposto por Cooper (1963) e tem sido bastante desenvolvido nas últimas décadas (Zhong *et al.*, 2015).

De acordo com Cliquet (2006), os componentes dos modelos de localização-alocação são os seguintes:

1. Uma função que é otimizada de acordo com as localizações possíveis;
2. Áreas de procura reduzidas a um ponto central ou centroide, onde a procura por bens e serviços está concentrada;
3. As possíveis localizações, acessibilidade e infraestrutura;
4. A matriz de distâncias;
5. A regra de alocação, ou seja, o modo que os consumidores escolhem entre as localizações propostas

Estes modelos são utilizados em aplicações distintas, como por exemplo, conceção de redes de tráfego automóvel (Hodgson *et al.*, 1996), ajuda no planeamento de redes hospitalares (Mestre *et al.*, 2014), planeamento de rotas de veículos de patrulha da polícia de trânsito (Adler *et al.*, 2014), encontrar a localização ideal de instalações de bioenergia (Comber *et al.*, 2015), planeamento de resposta a incidentes catastróficos (Caunhye *et al.*, 2015), entre muitos outros.

De forma geral, a orientação fornecida a o modelo de localização-alocação, será influenciada pela natureza do serviço. Se o serviço é particular, basicamente incidirá na melhoria da eficiência espacial, por outro lado, se é público, vai tentar melhorar a equidade espacial. Ambos se referem ao melhoramento dos parâmetros globais tendo em vista o acesso ao serviço: a soma das deslocações totais, valores de acessibilidade ou as diferenças entre os valores extremos.

Da mesma forma, é possível observar uma diferença notória se o equipamento a instalar é desejado (benéfica) ou não (prejudicial). Enquanto os primeiros basicamente geram externalidades positivas (hospitais, escolas, centros culturais, etc.), os segundos geram externalidades negativas (cemitérios, presídios, lixeiras, etc.). Portanto, levando em conta as considerações anteriores, os SDSS contemplam diferentes possibilidades de aplicação metodológica de acordo com o objetivo de encontrar a localização ótima para um equipamento/serviço.

A aplicação de modelos de localização-alocação implica ter uma oferta, distribuída em forma de pontos, uma procura que, por razões de simplificação, pode ser atribuída a um centróide de cada área e uma rede de transportes ligando-os (Figura 3.4).

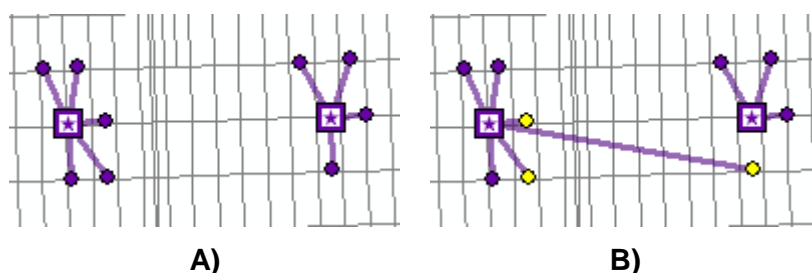


Figura 3.4 - Minimização da distância sem (A) e com (B) pontos de procura agrupados.

No entanto, a aplicação destes métodos na tentativa de encontrar novos locais de abastecimento deve primeiro considerar a determinação de possíveis candidatos locais, ou seja, uma quantidade de pontos selecionados com o objetivo de encontrar o(s) melhor(es) de acordo com o objetivo do modelo aplicado. Existem duas possibilidades para a análise de locais candidatos: i) obtê-los através de procedimentos de superposição temática e técnicas de avaliação multicritério (*Multicriteria Evaluation* [MCE]); e ii) considerar cada centróide representativo da procura como um possível local para a instalação.

As técnicas MCE foram extensivamente desenvolvidas por Buzai e Baxendale (2011) e o uso dos centróides de áreas como locais candidatos foi estudado metodologicamente por Fotheringham *et al.* (1995). A segunda técnica parece estar relacionada com o problema da

unidade de área modificável (*Modifiable Area Unit Problem* [MAUP]) no momento em que uma variação no número de unidades espaciais permitirá uma eventual modificação dos resultados obtidos. Portanto, evitando a necessidade de avaliar localizações infinitas, os modelos funcionam com combinações de centros p em pontos candidatos n , sendo $p < n$; onde p corresponde aos melhores locais obtidos (Church e Sorensen, 1994; Lea e Simmons, 1995).

Mesmo quando as simplificações acima mencionadas são realizadas, os cálculos são extensos, e, portanto, utilizam-se preferencialmente mecanismos heurísticos (para procedimentos iterativos de tentativa e erro numa aproximação contínua para a melhor solução) para obtenção de resultados (Densham e Rushton, 1992). A identificação de possíveis soluções com base na aplicação combinatória traduz-se em valores extremamente altos ao alterar os elementos n e x na aplicação:

$$\frac{n!}{x!(n-x)!} \quad (3.24)$$

Por exemplo, num caso simples de localização de duas entidades entre 10 locais candidatos, há 45 possibilidades de resultado. Se aumentarmos o número de entidades para 4, o resultado será 210. Para obter os melhores 12 locais dentro de conjunto de 70 candidatos (centróides) é necessário usar métodos heurísticos visto existirem 10 638 894 058 520 soluções possíveis.

Face à enorme quantidade de cálculos, a estratégia de aproximação heurística para obter a melhor solução é teoricamente bastante aceitável; outra proposta aponta para a possibilidade de um intercâmbio múltiplo de dois ou três candidatos simultaneamente. No entanto, para a melhoria substancial no tempo de cálculo, o avanço nas capacidades computacionais continua a ser fundamental.

O modelo p -mediana (*p-median*) é uma forma inicial e mais simples dos modelos de localização-alocação. O seu objetivo é minimizar a soma do total dos produtos das deslocações de população dos pontos de procura (centróides que agregam a procura dispersa) para os pontos de abastecimento. O objetivo da função é:

$$\text{Minimizar} \left\{ F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_i d_{ij} x_{ik} \right\} \quad (3.25)$$

Onde a_i é o peso associado a cada ponto de procura, d_{ij} é a distância entre a procura potencial i e os pontos de abastecimento j , x_{ik} é o fator de alocação, o qual é igual a 1, se o centro de oferta j é o mais próximo do ponto de procura i e 0 em contrário; n é o total de pontos de procura e m os pontos potenciais de oferta (considerando-se os já existentes).

O modelo é designado de p-mediana, porque se considera que p é o número de instalações a serem localizadas. O objetivo deste modelo é encontrar o valor mínimo da função-objetivo F e com isso a maior eficiência espacial em relação ao número total de deslocações dos centros de procura em direção aos pontos p de abastecimento.

O modelo p-mediana pode ser ampliado incorporando uma restrição de distância. Continua a ter um objetivo semelhante ao anterior, mas neste caso não se considera nenhuma das distâncias d_{ij} que excedam um determinado valor (S):

$$\begin{cases} x_{ij} = 1, & \text{se } d_{ij} \leq S \\ x_{ij} = 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.26)$$

mesmo que d_{ij} seja o menor valor para os dois pontos. Desta forma, por um lado, pretende-se agir sobre o custo global das deslocações (eficiência) e, por outro, deseja-se minimizar as distâncias máximas de transferência (património líquido). Aplicando esta restrição, é possível que a solução não provenha dos pontos analisados. Neste sentido, é possível que seja necessário de estender a amostra de possíveis soluções, *i.e.*, localizações a considerar.

As instalações são localizadas para que a soma de todos os custos ponderados entre os pontos de procura e as instalações apontadas como a solução é minimizada. As setas na imagem do Quadro 3.1 (cf. mais à frente nesta secção) destacam o fato de que a alocação é baseada na distância entre todos os pontos de procura.

Este tipo de problema é tradicionalmente usado para localizar armazéns, pois permite reduzir os custos globais de transporte de entrega de mercadorias para as lojas. Uma vez que a minimização da impedância reduz a distância total que o público precisa de viajar para alcançar as instalações escolhidas. O problema da minimização da impedância sem um limite de corte é normalmente considerado como mais equitativo do que outros tipos de problema para localizar algumas instalações públicas tais como bibliotecas, aeroportos, museus e clínicas de saúde.

O parâmetro de impedância (λ) especifica a forma como a impedância da rede entre as instalações e os pontos procura influência a escolha das instalações. Aplicando uma transformação pode-se equalizar as distâncias totais que os pontos de procura devem percorrer para chegar às instalações mais próximas. Os postos de saúde estão preocupados com a equidade do serviço, por isso localizaram-se muitas vezes usando um tipo de problema de minimização da impedância usando uma função de potência com valor 2. Desta forma, não se sobrecarrega uma franja minoritária de pacientes com distâncias de viagem excessivas, comparativamente aos outros utentes.

Algumas lojas reúnem dados sobre onde vivem os clientes. À medida que recolhem estes dados, o efeito que a distância tem no comportamento do cliente é revelado. Uma vantagem de possuir estes dados é que lojas podem estabelecer e calibrar as transformações de impedância, o que, no futuro, pode levar à seleção de melhores localizações (Figura 3.5).

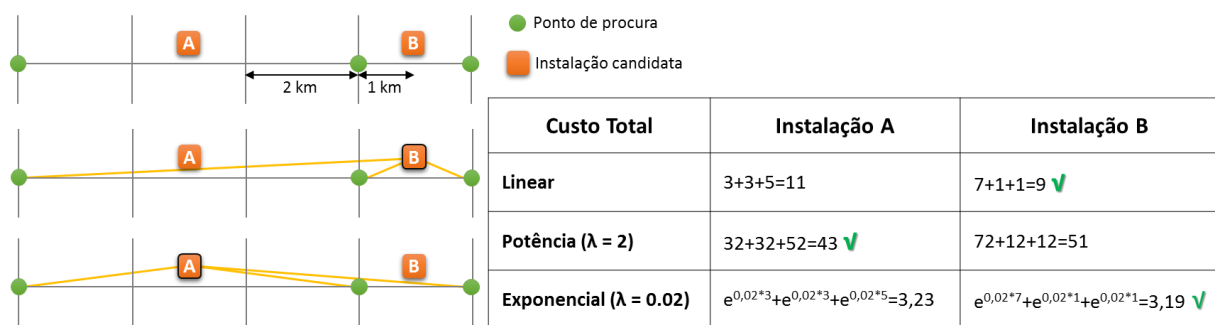


Figura 3.5 - Métodos de cálculo da impedância.

O ajuste, com precisão, de uma transformação de impedância e respetivo parâmetro, para modelar o comportamento dos pontos de procura requer um estudo cuidadoso, incluindo alguma investigação sobre temas como o dos modelos de decadência com a distância (*distance decay*) e de Huff. No entanto, o primeiro passo é entender como os custos são transformados.

Temos também o modelo de máxima cobertura que tem como objetivo maximizar o total de valores de procura dentro de um rácio de cobertura (R) pré-fixado para os pontos de abastecimento. Dentro destas superfícies a maior quantidade de procura deve manter-se alocada.

$$\text{Maximizar } \left\{ F = \sum_{i \in I} a_i x_i \right\} \quad (3.27)$$

Onde I é o grupo de pontos de procura (indexado por i), a_i é a população no nó de procura i e x_i é 1 se o centro de procura se situa dentro da área de cobertura ($x_i < R$) e 0, caso contrário.

O modelo de máxima cobertura pode ser ampliado, incorporando uma restrição de distância, cujo objetivo é o de maximizar os valores da procura total dentro de um rácio de cobertura prefixado para os pontos de abastecimento, considerando que toda a procura existe dentro de um raio S , maior que o alcance dos bens ou serviços.

As equações expressas em Buzai e Baxendale (2011) são usadas para encontrar localizações ideais para equipamentos não-desejáveis e por isso não serão abordadas aqui. Conceptualmente, elas procuram o efeito inverso daqueles que aqui se procura atingir.

Quando se recorre a modelos de localização-alocação, um procedimento importante é o desenvolvimento do cálculo da distância a partir dos pontos de oferta e procura pontos (d_{ij}), ou seja, entre os centróides das áreas de procura agrupadas e as instalações existentes, ou para os pontos candidatos. As coordenadas de cada local num espaço absoluto de diferentes medidas de distância, chamadas métricas, podem ser facilmente calculadas.

A distância em linha reta, *i.e.*, distância euclidiana, que aparece devido à assunção de um espaço ideal, onde não existem limitações ao trânsito em nenhum sentido, é obtida através da aplicação da seguinte função:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3.28)$$

A distância de Manhattan, *i.e.*, quarteirão urbano (*city block*), também conhecida pela distância do condutor de Taxi (*taxi driver distance*) ou em Portugal como distância Pombalina, é uma medida em que a métrica habitual euclidiana é substituída por uma métrica nova em que a distância entre dois pontos corresponde à soma das diferenças absolutas entre as suas coordenadas. Esta distância pressupõe um deslocamento através de uma grelha regular, sendo dada por:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (3.29)$$

Em ambos os casos (Figura 3.6), os resultados são obtidos considerando as coordenadas absolutas sobre o espaço geográfico e, enquanto no primeiro caso é usado o teorema de Pitágoras para calcular a hipotenusa do triângulo, no segundo caso, recorre-se à soma dos comprimentos da projeção da linha que une os pontos com os eixos das coordenadas.

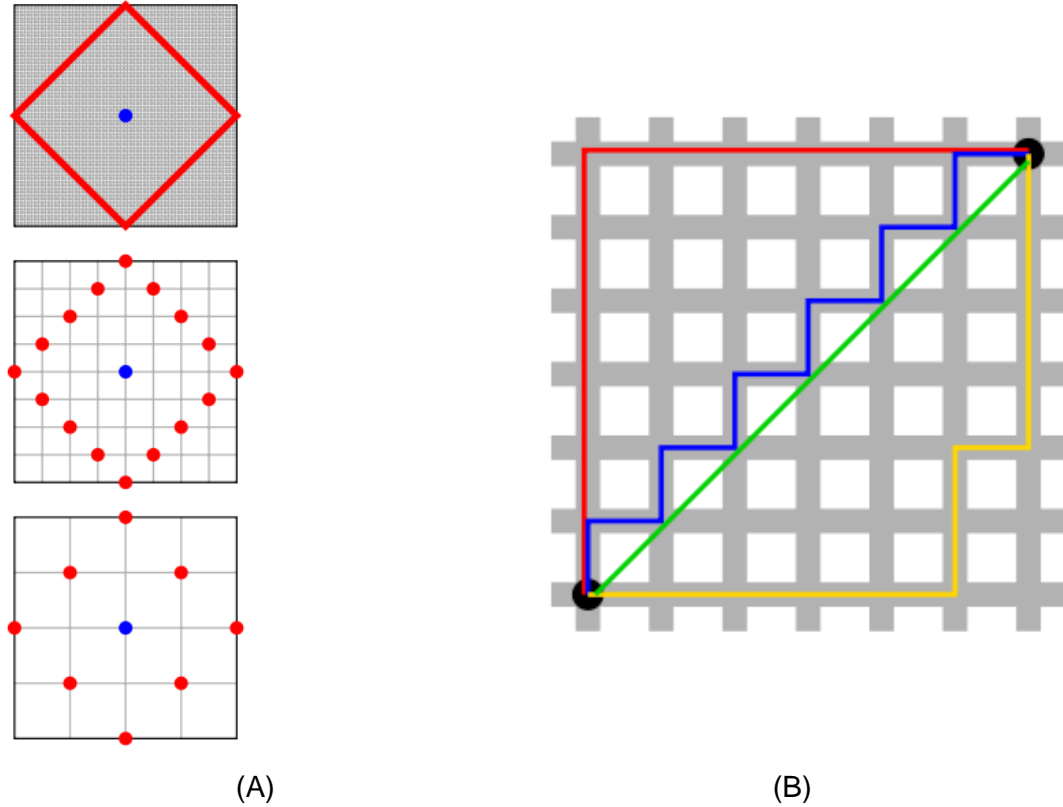


Figura 3.6 - Exemplos de circunferências discretas e contínuas no contexto da distância de Manhattan (A) Diferenças entre a distância de Manhattan (azul, amarelo e vermelho) e a distância Euclidiana (verde) (B).

Com o objetivo de gerar possibilidades de cálculos mais flexíveis, que tendem a superar a métrica de Manhattan, e considerando os problemas de subestimação causados por localizações entre blocos ou pelo aparecimento de barreiras, ou sobrestimação devido à aparência das ruas em diferentes direções da grelha de circulação base (Hodgson et al., 1995), foi proposta a métrica L_p .

$$d_{ij}^\beta = \left(|x_i - x_j|^\beta + |y_i - y_j|^\beta \right)^{\frac{\beta}{\beta}}$$
(3.30)

Aqui aparece um parâmetro β que indica uma modificação dos custos deslocamento com a distância. Observe-se que quando $\beta = 1$ tem-se a distância de Manhattan com $p = 1$ e a distância euclidiana com $p = 2$. A métrica L_p foi proposta por Love e Morris (1972) e acaba por

ser uma excelente alternativa de aplicação quando não é possível efetuar os cálculos pela rede de estradas, ainda que conhecendo a estrutura rodoviária urbana.

No entanto, quando o cálculo da distância é realizado sobre uma base geométrica de estrutura matricial (i.e., *raster*), também é possível estabelecer preliminarmente uma correspondência com as métricas analisadas.

Um avanço do espaço absoluto para o espaço relativo ocorre quando as distâncias entre os dois locais são calculadas noutras unidades de medida (tempo ou quaisquer outros tipos de custo), que são baseadas num mapa de fricção que incorpora para cada pixel um valor relativo ao esforço que deve ser gasto para o atravessar. Desta forma, para cada ponto é possível gerar uma superfície de custo que corresponde ao custo (esforço) que se acumula em cada pixel da área de estudo a fim de atingir o referido ponto.

A maximização da cobertura é frequentemente usada para localizar quartéis de bombeiros, esquadras policiais e centros de saúde, porque muitas vezes os serviços de emergência são necessários em locais acessíveis a partir de todos os pontos de procura dentro de um tempo de resposta especificado. É importante para todas as organizações e crítico para serviços de emergência, ter dados exatos e precisos, de modo que os resultados da análise modelem corretamente os dados reais.

Também as empresas de entrega de pizzas, em oposição às pizarias fixas, tentam localizar lojas onde possam cobrir a maioria das pessoas dentro de uma certa unidade de tempo. As pessoas que encomendam pizzas para entrega normalmente não se preocupam se a pizaria está perto ou longe; apenas se preocupam se a piza chega dentro do período anunciado. Portanto, um negócio de entrega de pizzas deve subtrair tempo de preparação da piza aos tempos de entrega anunciados e resolver um problema de maximização de cobertura para escolher a localização que capture mais potenciais clientes.

Os clientes potenciais das pizzarias são mais afetados pela distância, visto que eles precisam de viajar para o restaurante. Assim, a maximização do atendimento ou da partilha de mercado serviriam melhor a resolução do problema dos frequentadores de restaurantes. Existem métodos alternativos aos já referidos (Quadro 3.1), que permitem resolver problemas particulares de localização.

Quadro 3.1. Métodos de locação alocação (ArcGIS help).

Designação	Ilustração	Descrição
Minimização da impedância (p-mediana)		O método de minimização da impedância escolhe instalações de tal modo que a soma das impedâncias ponderadas (demanda atribuída a uma instalação multiplicada pela impedância à facilidade) é minimizada.
Máxima cobertura		O método de máxima a cobertura escolhe instalações de modo que seja coberta, pelo corte de impedância, tanta demanda quanto possível.
Maximização da cobertura capacitada		O método de maximização da cobertura capacitada escolhe instalações de modo que a totalidade ou a maior parte de demanda possa ser servida sem exceder a capacidade de qualquer instalação.
Minimizar instalações		O método de minimizar instalações escolhe instalações de modo que o maior número de pontos de demanda possíveis esteja dentro do corte de impedância. Além disso, o número de instalações necessárias para cobrir todos os pontos de demanda é minimizado.
Maximizar o atendimento		O método de maximizar o atendimento escolhe instalações de modo que seja alocado para as instalações o maior peso de demanda, assumindo que o peso da demanda diminui com a distância.
Maximizar a quota de mercado		O método de maximizar a quota de mercado escolhe instalações de modo que a maior quantidade de demanda alocada é capturada na presença de concorrentes.
Capturar a quota de mercado		O método de capturar a quota de mercado funciona na presença de concorrentes e tenta escolher o menor número de instalações necessárias para capturar a quota de mercado que for especificada.

Na maximização da cobertura capacitada as instalações são localizadas de forma que tantos pontos de procura quanto sejam possíveis sejam alocados à solução, dentro da impedância

de corte. Além disso, a procura ponderada alocada para uma instalação não pode exceder a capacidade da dessa mesma instalação. A maximização da cobertura capacitada comporta-se como um problema de impedância para minimizar ou maximizar a cobertura, mas com a restrição adicional da capacidade. Casos de aplicações incluem a criação de territórios que englobam um determinado número de pessoas ou empresas, procedendo à localização de hospitais ou outras instalações médicas com um número limitado de camas ou de pacientes que podem ser tratados.

A opção por minimizar o número de instalações faz com que estas sejam localizadas em sítios em que tantos pontos de procura quanto possível lhes sejam alocados, dentro da impedância de corte. Além disso, o número de equipamentos necessários para cobrir os pontos de procura é minimizado. Minimizar as instalações é o mesmo que maximizar a cobertura, com a exceção do número de instalações a localizar, que neste caso é determinado pelo algoritmo ao invés do utilizador. Quando o custo de construção das instalações não é um fator limitante, o mesmo tipo de organizações que utiliza a maximização da cobertura (e.g. nas respostas de emergência) também usam a minimização de estabelecimentos para que todos os possíveis pontos de procura sejam cobertos. Este método também é usado para selecionar paragens de autocarros escolares, quando os alunos são obrigados a andar a uma certa distância até que outra paragem seja criada mais próximo da sua residência.

Maximizar o atendimento implica que as instalações são escolhidas de forma que o peso da procura seja o máximo possível alocado às instalações enquanto se assume que o peso da procura diminui face à distância entre a instalação e o ponto de procura. As lojas especializadas, que têm pouca ou nenhuma concorrência, beneficiam deste tipo de problema. Mas a sua aplicação também pode ser benéfica para retalhistas em geral e restaurantes que não têm os dados necessários sobre a concorrência para executar análises de quota de mercado. Algumas outras empresas que podem beneficiar deste tipo de problema incluem, lojas de café, centros de *fitness*, gabinetes médicos e odontológicos, pastelarias e lojas de material eletrónico. As localizações das paragens de autocarros de transporte público são muitas vezes escolhidas com recurso a este método. A maximização do atendimento pressupõe que quanto mais as pessoas têm de viajar para alcançar a instalação, menos provável é que recorram a ela. Isto reflete-se na forma como a procura alocada a cada instalação diminui com a distância.

Para maximizar a participação no mercado, um número específico de instalações é escolhido de tal forma que a procura alocada é maximizada face aos concorrentes. O objetivo é capturar o máximo possível de quota de mercado total com um determinado número de instalações, especificado pelo utilizador. A quota de mercado total é a soma do peso de toda a procura.

Esta análise requer muitos dados porque, juntamente com o conhecimento do peso das suas próprias instalações, o investidor também precisa saber o que se passa relativamente às instalações dos seus concorrentes. Os mesmos tipos de instalações que usam a maximização da participação também podem usar o método da quota de mercado, dado que têm informação abrangente que inclui os dados dos concorrentes. As grandes lojas de desconto normalmente também recorrem a este método para localizar um conjunto finito de novas lojas. A análise de quota de mercado usa o modelo de Huff (modelo de gravítico ou de interação espacial).

A captura de mercado alvo escolhe o número mínimo de equipamentos necessários para capturar uma percentagem específica do total de quota de mercado face aos concorrentes. A quota de mercado total é a soma de todo o peso de procura para todos os pontos de procura válidos. Este método é o mais exigente em termos de dados porque, juntamente com a necessidade de saber o peso de suas próprias instalações, o investidor também precisa saber quanto valem as instalações dos concorrentes.

As grandes lojas de desconto normalmente usam o método da partilha de quota de mercado quando querem saber a área de expansão necessária para alcançar um determinado nível da quota de mercado ou ver que estratégia seria necessária, apenas para manter a sua quota de mercado atual, dada a introdução de novas instalações por parte dos concorrentes. Os resultados muitas vezes representam o número de lojas que deveriam ser implementadas se o orçamento não fosse uma preocupação. Noutros outros casos, onde o orçamento é fulcral, reverte-se para o problema de maximizar a quota de mercado e simplesmente captura-se o máximo possível de quota de mercado com um número limitado de instalações.

4 GEOGRAFIA E SIG

*“Almost everything that happens, happens
somewhere. Knowing where something happens
can be critically important.”*
(Longley et al., 2011)

Se todos os comportamentos humanos acontecem no espaço, a componente da localização pode ser estudada e enfatizada, de modo a que sejam descobertas tendências e relações desses comportamentos no território.

A cartografia analítica foi introduzida nas Universidades Americanas no final dos anos 1960 por Waldo Tobler, através de um curso que iniciou na Universidade de Michigan. Esta definição foi motivada pela sua visão de que os geógrafos utilizavam mapas como ferramentas analíticas para entender e teorizar acerca da terra e dos fenómenos distribuídos à sua superfície (Kemp, 2008).

Nesta década também surgiram os SIG, apesar de ainda existirem muitos problemas técnicos importantes, e.g., como converter o conteúdo de mapas em formato analógico para digital. A maior parte da investigação inicial foi feita acerca de algoritmos, estruturas de dados e esquemas de indexação, e, por isso, tinha fortes ligações com a investigação feita em ciências da computação. No entanto, ao longo dos anos e depois de muitos dos problemas técnicos terem sido resolvidos, a investigação em SIG expandiu-se para questões de qualidade dos dados e incerteza, princípios de *design* de interfaces de utilizador, custos e benefícios bem como os impactos sociais da tecnologia. Por volta do ano 1995 a visão complexa dos SIG foi substituída por uma visão onde os SIG são o meio utilizado para o Homem comunicar o que sabe sobre a superfície da terra (Shekar e Xiong, 2008).

Uma das características que diferenciam os SIG dos Sistemas de Informação (SI) convencionais é a capacidade de realizar operações de análise espacial. Com base em atributos espaciais e não espaciais de uma base de dados é possível estudar relações espaço-temporais, comportamentos atípicos (*outliers*) e padrões de fenómenos geográficos, sociais, culturais, biológicos e físicos, permitindo a compreensão da distribuição dos dados provenientes de fenómenos ocorridos numa determinada localização geográfica.

Segundo Rui Gonçalves Henriques (1991), um SIG pode ser definido no sentido lato como “um conjunto de procedimentos concebidos com o objetivo de armazenar, aceder e manipular

informação georreferenciada” e no sentido restrito como “um conjunto de programas residentes num computador, que permite introduzir, aceder, manipular e visualizar informação georreferenciada”. Neste sentido, um SIG fornece meios para testar alternativas e para tornar dados em informação e, consequentemente, em conhecimento.

De acordo com Longley et al. (2011) existem três bases de classificação de problemas geográficos:

1. A questão da escala ou nível de detalhe geográfico:
 - a. Por exemplo, informação local sobre a arquitetura (forma, tamanho) de um edifício é muito importante quando é necessário ativar planos de emergência. Por outro lado, quando acontecem alguns incidentes que têm uma componente de propagação, para além da análise local, a análise à escala regional é igualmente relevante.
2. A questão da intenção ou propósito:
 - a. Problemas de natureza prática: muitas vezes têm de ser resolvidos o mais rapidamente possível e/ou a um custo mínimo com o objetivo de, por exemplo, poupar dinheiro, evitar multas ou lidar com uma emergência;
 - b. Problemas derivados da curiosidade humana: os dados geográficos são utilizados sem que haja um problema imediato. Em vez disso a intenção é o desenvolvimento da compreensão humana do mundo, procurando contribuir para a ciência;
 - c. Apesar desta distinção, os métodos e técnicas utilizados são geralmente seguidos pelos mesmos e mais recentes princípios científicos.
3. A questão da escala de tempo:
 - a. Decisões operacionais: necessárias para o bom funcionamento de uma organização;
 - b. Decisões táticas: decisões de médio prazo;
 - c. Decisões estratégicas: decisões que dão a uma organização planos a longo prazo.
 - d. Outros problemas, que ocorrem a uma escala de tempo maior do que a vida do ser humano e como o mundo real é muito complexo, alguns planos e decisões podem ter que ser ajustados.

4.1 SIG E SAÚDE

A visualização espacial da informação pode ajudar os profissionais de saúde pública em geral a compreender os fenómenos e a utilizar o conhecimento de novas formas. Uma síntese visual de grandes quantidades de informações abstrata numa imagem referente a uma área geográfica é importante para os profissionais do Instituto Português do Sangue e Transplantação (IPST) em particular. Esta visualização permite a criação de vínculos entre conjuntos separados de informações e a sua distribuição geográfica. Esta abordagem pode facilitar a compreensão aprofundada dos fatores que estão na base das dívidas de sangue e sugerir soluções para os problemas decorrentes.

Os profissionais de saúde sempre analisaram as informações geograficamente, no entanto, esse trabalho tem sido muito intensivo e de alcance limitado em relação à especificidade, detalhe e metamorfose dos agregados populacionais. A integração dos SIG, os quais são eficientes e úteis na prática de monitorização e avaliação da população, permitiu executar de forma mais adequada esta função chave das agências de saúde pública.

Os SIG são ferramentas poderosas de análise espacial ao serviço agências de saúde pública e outras organizações que combinam, geografia, dados e cartografia assistida por computador. Num ambiente SIG, as bases de dados e os mapas digitais são armazenados através de identificadores georreferenciados implementados para facilitar a visualização espacial da informação, bem como a sua célere gestão e análise. Neste contexto, a geocodificação (muitas vezes usada incorretamente como sinónimo de georreferenciação), i.e., a atribuição de um par coordenado (x e y ou latitude e longitude) a um endereço, será a seguramente base para uma grande quantidade de conceções e análise de dados no século XXI. A versatilidade dos SIG permite-lhes explorar e a identificar as relações espaciais, os padrões e as tendências, que caso contrário, passariam despercebida. A geografia está preocupada com a identificação e explicação da estrutura espacial, o padrão e o processo, bem como a análise e explicação das relações entre as pessoas e os meios, e.g. socioeconómico, etc.

O desenvolvimento dos SIG tem fornecido ferramentas computacionais eficientes para a análise de padrões e processos espaciais (Moore e Carpenter, 1999). Entende-se que processos como os que estão na base das dívidas de sangue apresentam uma componente histórica (tempo), verificando-se que os métodos formais de análise estatística de série temporais estão bem desenvolvidos e adaptados para estudá-los. No entanto, poucas ferramentas têm sido disponibilizadas para estudar um aspeto igualmente importante desta temática — a sua geografia ou espaço.

Como se afigura lógico, a análise SIG não pode simplesmente ignorar a dimensão geoespacial dos dados. O que surge consistentemente nestas análises é que as aplicações atuais apenas abordam superficialmente as complexas interações entre o espaço, a população e a saúde pública. No mundo de hoje, ou pelo menos no mundo desenvolvido, podemos contar com dados praticamente infinitos (e.g. *big data*), alto poder computacional a baixo custo e uma conectividade à rede de grande capacidade e velocidade. Neste ambiente, aponta-se para a necessidade de ferramentas analíticas melhoradas, abrangendo conceitos, representação, modelação e confiabilidade. Estas, ajudam a identificar de que forma os avanços na análise geoespacial podem melhor abordar as interações da saúde pública, com o ambiente físico e cultural para que as análises geoespaciais possam apoiar a formulação das políticas de saúde pública.

4.2 RELEVÂNCIA DOS SIG NA SAÚDE PÚBLICA

A geografia e os SIG podem ser uma mais-valia no ramo da saúde. Há muitos anos que as ações de saúde pública se baseiam na análise e uso de dados espaciais. (Hanchette, 2003). Efetivamente, em 1854, antes da era da informação e do desenvolvimento dos SIG, John Snow demonstrou na cidade de Londres a importância da geografia nas atividades de monitorização e análise (Snow, 1855). Quando Snow cartografou os casos de cólera (Figura 4.1), imediatamente sobressaíram *clusters* espaciais com efeitos de decadência face à distância (i.e., *distance decay models*) das fontes de água e percebendo que existia uma correlação espacial entre os dois. Esse mapa conduziu à hipótese de que uma fonte de água particular era a fonte do surto (Cerdeira e Valdivia, 2007). A remoção da bomba levou a um rápido declínio na incidência de cólera, ajudando, eventualmente, a comunidade médica a concluir que a cólera era uma doença relacionada com a água, ao invés de aparecer por miasma⁵ como se acreditava generalizadamente na época (Lumpkin, 2003). Este caso remete-nos para a primeira lei da geografia de Tobler (1970) que diz que “todos os fenómenos estão relacionados uns com os outros, mas os fenómenos mais próximos tendem a relacionar-se mais intensivamente”.

Mesmo sem saber a causa bacteriana ou meios de transmissão de cólera em meados do século XIX, Snow foi capaz de impedir a propagação do surto, uma vez que compreendeu os seus aspetos espaciais. A lógica do uso de geografia para estudar questões de saúde pública

⁵ Emissão proveniente de detritos orgânicos em decomposição, considerada outrora (antes dos avanços da microbiologia) como causadora de doenças e epidemias. (Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico. Porto: Porto Editora, 2003-2016)

deriva da apreciação dos fatores (espaciais ou não) que causam a não uniformidade da distribuição da doença, i.e., anisotropia, tal como Snow descobriu. Esses fatores incluem elementos físicos, ambientais, sociais, económicos, culturais e genéticos, entre outros (Moore e Carpenter, 1999). Com a sua ação Snow também demonstrou como os SIG poderiam beneficiar outras investigações e análises no contexto da saúde pública tendo, de forma intuitiva, realizado uma verdadeira análise espacial. Este é um dos primeiros exemplos de estudos geográficos em aplicações de saúde, que se tornou famoso como “mapeamento de difusão de uma doença”.

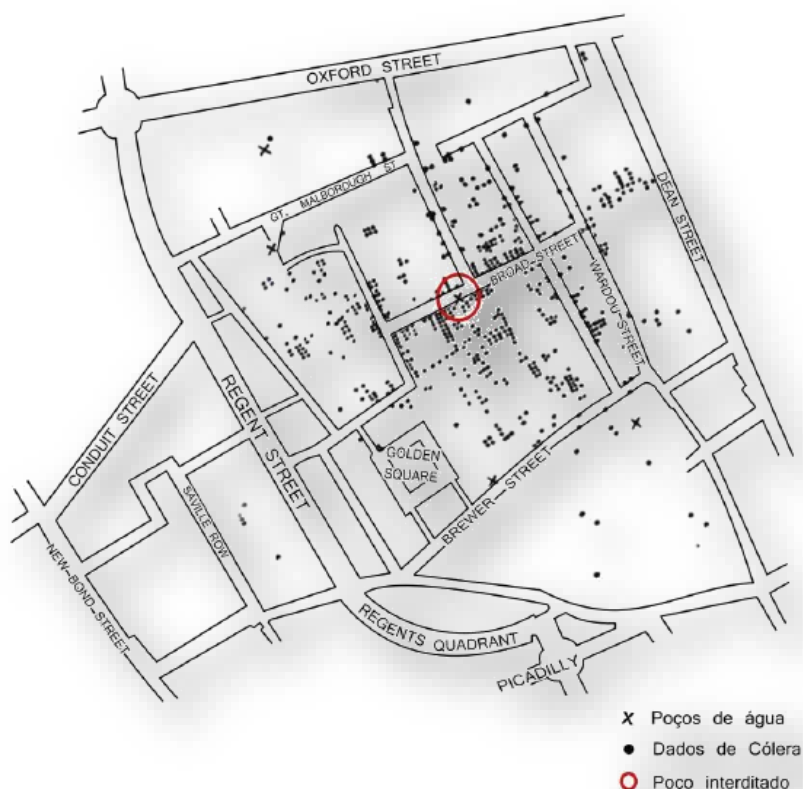


Figura 4.1 - Casos de cólera durante a epidemia em Londres em 1854 (adaptado de Snow, 1855, 1994).

O uso dos SIG tem-se expandido desde a sua criação como uma ferramenta analítica. Estes têm sido usados no âmbito dos cuidados de saúde pública, e.g. na epidemiologia (Castillo-Salgado, 1996; Moore e Carpenter, 1999; Richards et al., 1999) para melhorar os serviços comunitários de assistência social às crianças (Wier e Robertson, 1998) e para avaliação de programas comunitários de mudanças na distribuição da venda a retalho de álcool (Millar e Gruenewald, 1997). Também têm sido utilizados na vigilância e monitorização das doenças transmitidas por vetores e através da água, para quantificar os riscos de contaminação por

chumbo num bairro, na predição de lesões que afetam crianças pedonais e na análise das políticas e planeamento na saúde (Clarke et al., 1996).

A identificação dos grupos com características particulares permite a seleção das intervenções sociais e de saúde adequadas, destinadas a reduzir ou eliminar os fatores de risco específicos. Uma vez realizadas as intervenções, o seu impacto deve ser avaliado para determinar o grau de eficácia e se são necessários ajustamentos. Este processo dinâmico – ação – avaliação – ajuste – é parte da metodologia de estratificação da dívida de sangue.

O Quad Council (1993), identificou três objetivos das práticas voltadas para a população como promotoras de comunidades saudáveis: i) avaliar dados demográficos, de saúde e bioestatísticos, para prever e identificar possíveis riscos e padrões; ii) avaliar a mudança de comportamentos de saúde e os padrões que têm o potencial de colocar pessoas em risco; e iii) determinar e/ou identificar indicadores para monitorizar as diferentes dimensões do estado de saúde, tal como é avaliado pela comunidade. Cada uma destas funções pode ser reforçada com o uso da tecnologia SIG. Os SIG podem ser usados para obter informação sobre a distribuição dos indicadores de saúde a pessoas chave.

A tecnologia SIG, através das suas capacidades de visualização, pode melhorar a compreensão da distribuição e características dos indicadores de saúde ao longo do tempo bem como ajudar os profissionais de saúde a prestar apoio de forma mais eficaz à comunidade. O mapeamento de dados de saúde e das características da comunidade pode aumentar as relações de base, estabelecendo ligações importantes para a concretização dos objetivos. A infraestrutura de saúde pública é uma das áreas foco. Três objetivos são particularmente relevantes para a comunidade voltada para acesso aos dados de saúde da população. Estes objetivos incluem: i) acesso do público aos dados de informação e vigilância; ii) uso de geocodificação em sistemas de dados de saúde; e iii) dados para todos os grupos de população.

A revolução nas tecnologias de informação, incluindo sistemas *online*, a Internet e outros sistemas de informação eletrónica, continua a expandir o volume e a acessibilidade aos dados. O aumento do uso de geocodificação em sistemas de dados de saúde irá fornecer a base para a uma vigilância e intervenção com custos cada vez mais reduzidos. Ao mesmo tempo, surgem desafios em sintetizar e disseminar a enorme quantidade de informações disponível, bem como assegurar que os dados sejam cientificamente precisos e com as apropriadas salvaguardas de confidencialidade. A capacidade de atingir metas a nível nacional está relacio-

nada com a capacidade de delinear estratégias para áreas geográficas específicas. A extensão das capacidades de geocodificação aos sistemas de dados de saúde facilitará seguramente essa capacidade.

4.3 AVANÇOS DAS APLICAÇÕES SIG EM SAÚDE PÚBLICA

Os problemas com que se deparam atualmente os profissionais de saúde pública apresentam um âmbito muito maior do que aqueles que Snow enfrentou. Hoje, os investigadores dependem de SIG modernos e outras aplicações de cartografia assistida por computador para os auxiliar nas suas análises. A Saúde Pública Informatizada (SPI) é uma especialidade emergente que incide sobre a aplicação de tecnologias e da ciência da informação na investigação e prática em saúde pública (Hanchette, 2003). Como parte desse esforço, um SIG – ou, mais geralmente, um SSDE – oferece melhores técnicas de visualização geográfica, levando a uma compreensão e capacidade de tomada de decisão, mais rápidas, melhores e mais robustas (Yasnoff e Miller, 2014).

Os SIG podem apoiar os serviços de saúde pública de diferentes formas pois fornecem um melhor entendimento da realidade e pode conduzir a melhores decisões. Outra característica vital dos SIG é que podem ajudar os utilizadores a integrar diferentes dados provenientes de múltiplas fontes. Atualmente, ainda existe uma grande quantidade de dados da saúde pública gerados manualmente e, portanto, sujeitos a erros de origem humana e má codificação.

Por exemplo, uma análise geográfica dos dados de saúde da Carolina do Norte nos EUA mostrou que 40% dos registros continha algum tipo de erro na sua componente geográfica (cidade, condado ou código postal), que não poderia ter sido detetado sem as visualizações disponibilizadas pelos SIG (Hanchette, 2003). Paralelamente, as técnicas de SIG têm sido usadas para mostrar a falta de correlação entre causas e efeitos ou entre efeitos diferentes. Por exemplo, ao estudar a distribuição de defeitos de nascimento e de mortalidade infantil no Iowa, os investigadores não encontraram nenhuma correlação estatisticamente relevante entre esses dados (Rushton et al., 1996).

Mais recentemente, Tran et al. (2013) apresentaram um modelo espaço-temporal da ocorrência de gripe aviária de alta patogenicidade no delta do rio vermelho, do Vietname. Neste caso, a análise geoespacial permitiu identificar as áreas de risco mais elevado, onde devem ser aplicadas medidas para controlar a saúde animal e humana. Christidis e Law (2013) analisaram os desafios do mapeamento de turbinas eólicas na província canadiana de Ontário de modo a avaliar melhor os riscos para a saúde desta tecnologia relativamente nova.

Lyseen e Hansen (2014) trabalharam dados referentes ao retalho alimentar, pretendendo validar dados de localização que são muitas vezes de origem voluntária, imprecisos e propensos a registros contraditórios, duplicados ou ausentes. Os autores identificaram questões críticas como o desalinhamento espacial e a propagação de erros, nomeadamente através de modelos hierárquicos. Daí concluíram que um conjunto, detalhado e crítico, de metadados que acompanhe a cartografia, é um passo importante em direção à elaboração de modelos de saúde e risco mais precisos e fiáveis.

Luan e Law (2014) analisaram o uso de sistemas de vigilância de saúde pública baseados em *WebSIG*. Ao contrário do verificado noutros campos, neste contexto as aplicações de saúde pública ainda estão muito aquém dos avanços tecnológicos. As capacidades analíticas espaciais estão amplamente disponíveis em aplicações de desktop, mas são largamente desconsideradas nas aplicações na *web*. Paralelamente, as questões de privacidade impedem muitas aplicações de funcionar convenientemente. As disparidades geográficas continuam a ser um grande obstáculo para o desenvolvimento de sistemas de vigilância de saúde pública. Os custos proibitivos da informação de suporte, o acesso incompleto aos dados e a falta de infraestruturas, são alguns dos fatores que dificultam a implementação destas tecnologias.

4.4 QUESTÕES INERENTES À UTILIZAÇÃO DOS SIG

A utilização de ferramentas de SIG para análises no âmbito da saúde pública não está isenta de preocupações e/ou problemas. De todos, o mais preocupante tem a ver com a privacidade e a confidencialidade dos indivíduos (Hanchette, 2003). A saúde pública preocupa-se com a saúde da população como um todo, mas necessita de usar dados sobre a saúde dos indivíduos para fazer muitas dessas avaliações. Proteger a privacidade e a confidencialidade desses indivíduos é de extrema importância. O uso de análises SIG e bases de dados relacionais eleva o potencial de comprometer os padrões de privacidade. Deste modo, torna-se necessário tomar algumas precauções para evitar a identificação de indivíduos com base em dados espaciais.

Por exemplo, os dados talvez necessitem de ser agregados para cobrir áreas maiores, usando um código postal, uma freguesia ou um conselho, ajudando assim a dissimular as identidades individuais. Os mapas também podem ser construídos em escalas menores, para que menos detalhe seja revelado. Alternativamente, a chave de identificação de determinadas características (e.g. a rede de estradas e ruas) pode ser excluída dos mapas para ocultar as localizações

exatas, ou, se o considerado necessário, pode mesmo ser aconselhável deslocar intencionalmente os marcadores de localização numa determinada distância aleatória (Hanchette, 2003). Contudo, esta opção não é consensual. Está estabelecido na literatura sobre inferência estatística com base em dados agregados pode levar os investigadores a conclusões incorretas, sugerindo relações onde na verdade elas não existem ou encobrindo as relações que de fato existem. Este problema é conhecido como o problema da unidade de área modificável (*modifiable areal unit problem* [MAUP]). Por exemplo, desde muito cedo que as autoridades de saúde pública de Nova York se têm mostrado preocupadas com o fato dos *clusters* de problemas oncológicos e suas causas poderem ser incorretamente identificados depois de serem forçados a uma visualização baseada em códigos postais na internet. Estas instituições afirmam que os códigos postais foram projetados para fins não relacionados com questões de saúde pública e, portanto, o uso desses limites arbitrários poderia conduzir a agrupamentos inadequados e consequentemente a conclusões incorretas (Rushton et al., 2000).

4.5 WEBSIG

Os SIG na *web* (*webSIG*) evoluíram rapidamente desde 1993 e modificaram consideravelmente a maneira como informação geoespacial é obtida, transmitida, publicada, partilhada e visualizada, representando um marco significativo na história dos SIG. Inicialmente, o *webSIG* era apenas um SIG executado em navegadores *web* mas rapidamente evoluiu para que, para além de servir os clientes do navegador *web*, passe a servir também clientes de *desktop* e *mobile* (Fu e Sun, 2011).

Os *webSIG* fazem com que se possam disponibilizar mapas dinâmicos na internet, direcionados para utilizadores de nível intermédio. Deste modo, permite-se o acesso a informação geográfica em camadas de dados que podem ser ligadas e desligadas bem como o acesso a ferramentas de mapeamento e muitas vezes a ferramentas de análise espacial (Kearns et al., 2003).

Sendo que um *webSIG* é um tipo de sistema de informação distribuído, a sua forma mais simples deve ter pelo menos um servidor e um cliente, que pode ser um navegador *web*, uma aplicação de *desktop* ou uma aplicação móvel (Figura 4.2). O servidor tem um URL (*Uniform Resource Locator*/Localizador Padrão de Recursos) para que os clientes o possam encontrar na internet. O cliente depende das especificações HTTP (*HyperText Transfer Protocol*/Protocolo de Transferência de Hipertexto) para enviar solicitações ao servidor. O servidor executa então a operação SIG requerida e envia uma resposta para o cliente, mais uma vez através

do protocolo HTTP. O formato de resposta pode ser um HTML (*HyperText Markup Language*/Linguagem de Marcação de Hipertexto) que é usado pelo navegador *web* do cliente, entre outros (Fu e Sun, 2011).

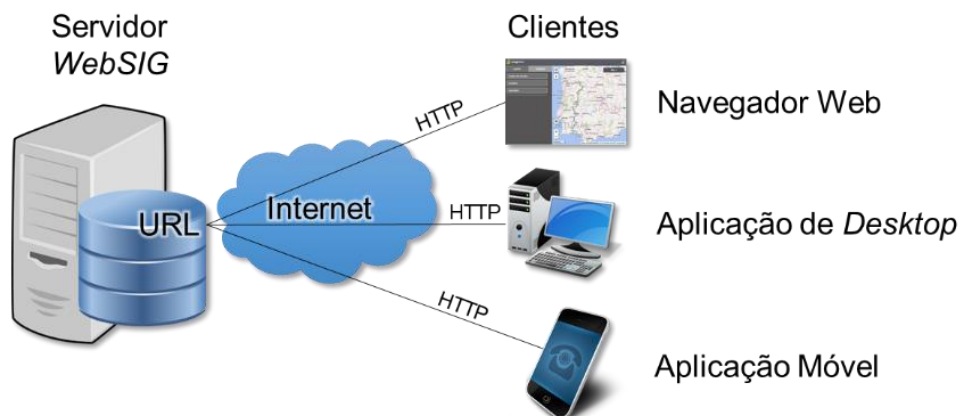


Figura 4.2 - A arquitetura mais simples de um *WebSIG*, com um servidor e um cliente, que pode ser um navegador Web, aplicação de desktop ou aplicação móvel. O servidor e o cliente comunicam via HTTP. Adaptado de Fu & Sun (2011)

A última década, especialmente nos últimos cinco anos, foram testemunhas do rápido crescimento do uso dos *WebSIG* orientados para ações relacionadas com a vigilância em saúde pública (VSP). No final de 2006, muito poucos sites se dedicavam exclusivamente ao mapeamento de dados sobre saúde pública (Cinnamon et al., 2010) no entanto, atualmente muitos países e instituições já tomaram consciência dos potenciais benefícios dos *WebSIG* para a VSP e desenvolveram os seus próprios sistemas de vigilância de saúde pública baseada na *web* (WSIGVSP). No entanto, apesar da sua rápida disseminação, ainda subsistem desigualdades significativas no desenvolvimento e desempenho dos WSIGVSP existentes.

Deste modo, emerge a necessidade de proceder a uma revisão sistemática dos WSIGVSP existentes, a qual já foi feita há algum tempo para as aplicações *desktop* (Cromley, 2003; Boulos, 2004; Edelman, 2007; Nykiforuk e Flaman, 2009). Croner, (2003) descreveu exaustivamente as possibilidades e desafios do uso de *WebSIG* em saúde pública.

Os *WebSIG* evoluíram consideravelmente nos últimos dez anos, especialmente com a incorporação da Web 2.0⁶ no seu desenvolvimento. Alguns estudos (Cinnamon et al., 2009; Maclachlan et al., 2007) analisaram diversos *WebSIG* sem que, no entanto, estes fossem

⁶ Mudança verificada pelo facto de os utilizadores da web passarem a ser também produtores da informação.

inteiramente dedicados à saúde pública e muito menos à VSP. Além disso, nesses estudos não foi avaliado o impacto da Web 2.0 nos *WebSIG* e/ou VSP.

OS SIG têm sido amplamente utilizados no âmbito da saúde pública visto que os dados de saúde estão indissociavelmente ligados a um local específico, sob a forma de endereços, códigos postais, ou coordenadas. Como já foi referido, ao contrário de outros sistemas de informação utilizados em VSP, os SIG podem melhorar o aspeto espaço-temporal da VSP, apoiando se em mapas e ferramentas de análise espacial. Mais especificamente, os mapas podem apresentar visualmente dados georreferenciados de uma forma simples, e assim, transmitir facilmente as informações aos utilizadores finais. Em comparação com gráficos e números brutos, os mapas podem ser melhores e mais facilmente interpretados (Edelman, 2007; Fisher e Myers, 2011).

Apesar de Nykiforuk e Flaman (2009) terem classificado as aplicações SIG em saúde pública, como ‘vigilância de doenças’ (*disease surveillance*), outros fenómenos (e.g. lesões, deficiências, saúde oral, etc.) também têm sido monitorados com recurso a SIG. Com o desenvolvimento da *World Wide Web* (WWW), a informação e as funcionalidades SIG tornaram-se cada vez mais disponíveis on-line, resultando no aparecimento dos *WebSIG*. Em comparação com os SIG desktop, os *WebSIG* fornecem uma plataforma mais eficiente para a integração (por vezes em tempo real) e divulgação oportuna dos dados georreferenciados, permitindo um uso eficiente da informação e intervenções eficazes no âmbito da saúde pública (Kearns et al., 2003). Outro benefício dos *WebSIG* é capacitar os todos os níveis de utilizadores finais para poderem visualizar simultaneamente os mesmos dados de saúde atualizados (Nash et al., 2009). Além disso, o *WebSIG* pode potencialmente reduzir os custos de integração SIG nas práticas de saúde pública, diminuindo a quantidade de formação necessária para usar o SIG e fornecendo tutoriais on-line (MacLachlan et al., 2007).

A transição da Web 1.0, somente de leitura, para a Web 2.0, de leitura e gravação, trouxe novas possibilidades para os *WebSIG* e a VSP. Em geral, os princípios básicos da Web 2.0 incluem enriquecer com a experiência dos utilizadores da *web* e usar a *web* como plataforma de computação e desenvolvimento de *software*, estimulando a participação dos utilizadores (i.e., informação geográfica voluntária [VGI]) e suportando código de programação leve (Fu e Sun, 2011). Estas valências permitiram criar aplicações *WebSIG* mais interativas, personalizáveis, sociáveis e intensivas em termos de multimédia (Fu et al., 2011).

Atualmente existem muitos exemplos de *WebSIG* que diariamente são utilizados em Portugal sendo que no *website* www.dador.pt pertencente ao IPST é possível consultar, através de um mapa dinâmico, os locais onde é possível doar sangue.

4.6 WEBSIG DO IPST: MAPIDEA LOCATION ANALYTICS

O primeiro passo deste estágio consistiu na criação e estruturação da base de dados que contem os dados disponibilizados na aplicação *web* e, conseqüentemente, usados nas análises efetuadas. As bases de dados geográficas são extremamente importantes pois são transacionais, o que significa que podem ser constantemente atualizadas consoante surjam novas informações, ao contrário dos mapas tradicionais, *i.e.*, impressos, que permanecem imutáveis (Longley et al., 2011).

A *Mapidea Location Analytics* (MLA) é uma solução *WebSIG* totalmente desenvolvida de raiz pela Mapidea que permite que organizações tirem partido da Geografia. É simples de utilizar, não necessita de treino intensivo e permite que diferentes equipas possam comunicar através de mapas. A solução da Mapidea permite que qualquer pessoa numa organização possa utilizar e criar informação geográfica sem a necessidade de especialistas em SIG ou do uso de ferramentas complexas (Figura 4.3).

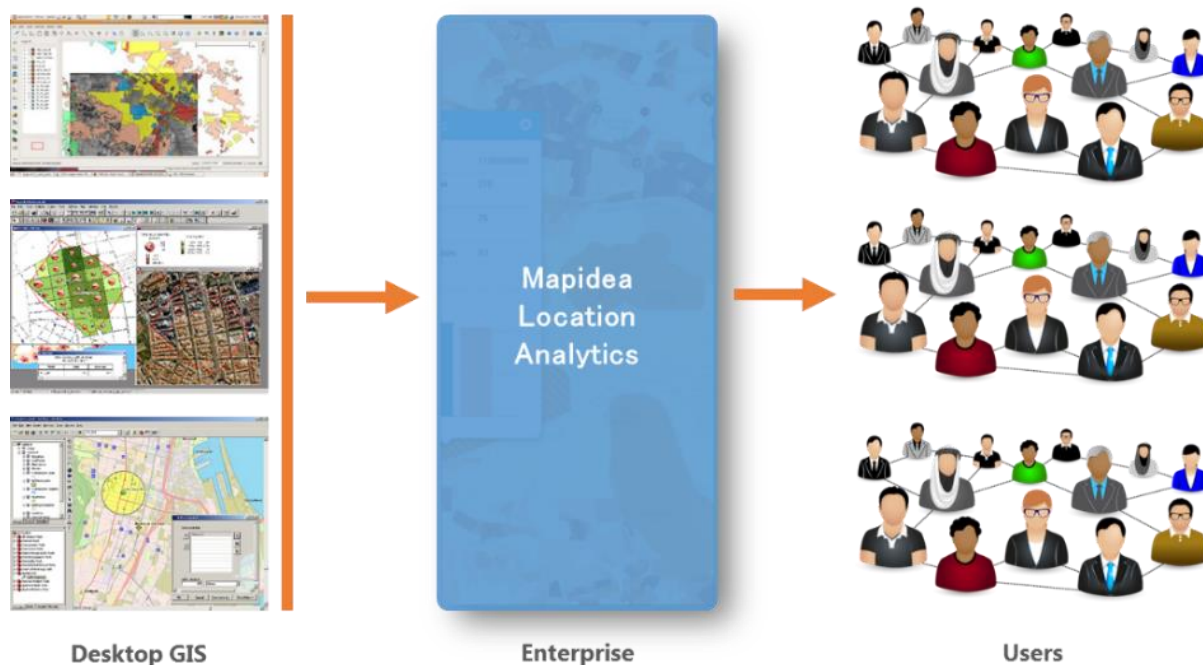


Figura 4.3 - Relação da *Mapidea Location Analytics* com os utilizadores.

A MLA baseia-se em PostgreSQL/PostGIS e pode ser integrada com bases de dados ou sistemas operacionais. Pode também utilizar diferentes fornecedores de mapas, como o Google, Bing, Mapbox, OpenStreetMap, entre outros (Figura 4.4).

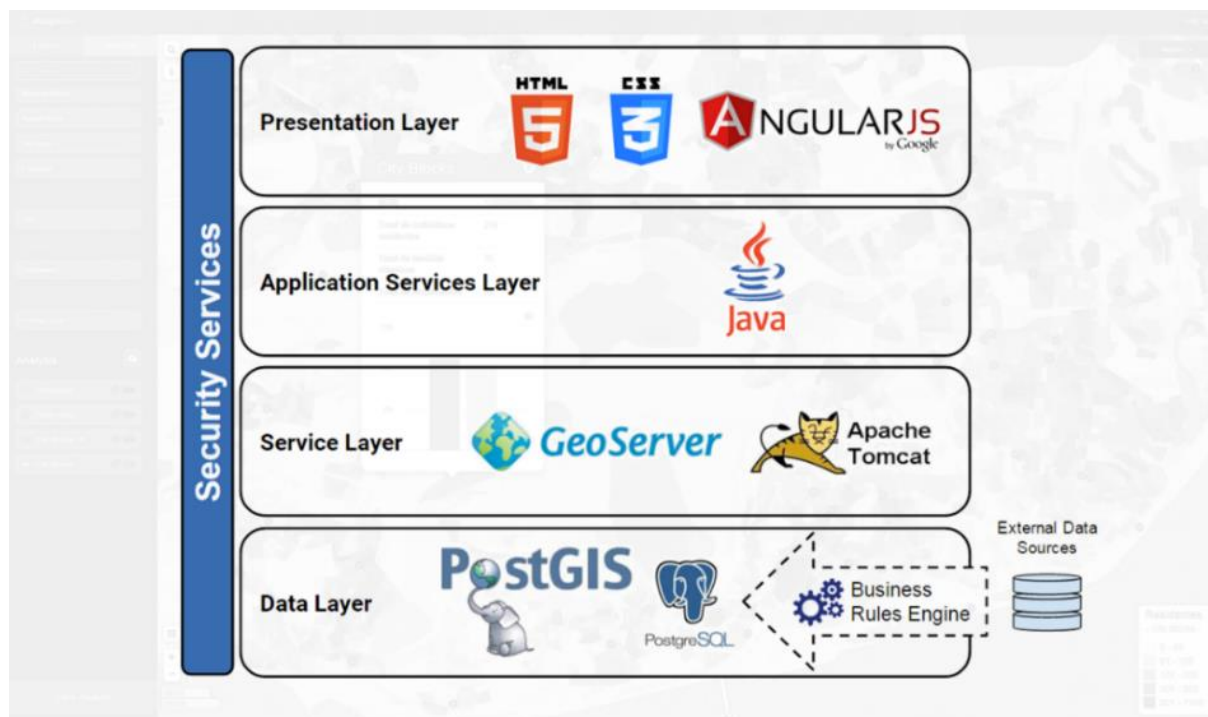


Figura 4.4 - Arquitetura lógica da *Mapidea Location Analytics*.

4.6.1 Principais funcionalidades

Com a MLA é possível visualizar, realizar análises e partilhar informação geográfica usando o poder de comunicação dos mapas. Sobre o mapa, é possível visualizar dados de uma entidade em gráfico ou lista, totalmente personalizável. É também exequível visualizar padrões de dados num mapa temático bem como criar um mapa de comparação entre dois atributos.

Quanto à funcionalidade de análise, é viável filtrar dados por atributos ou por relações espaciais entre camadas, criar novas colunas de dados baseadas em cálculos espaciais ou aritméticos, bem como criar análises de vizinhança (*buffer*) a partir de uma camada existente. Depois de feitas as análises, é possível guardá-las para posterior visualização, e partilhá-las com outros utilizadores, que recebem um *e-mail* de aviso. A informação pode ainda ser exportada em formato de texto (.csv).

4.6.2 Obtenção da Informação

Depois da obtenção e normalização da informação, foi criada uma base de dados no *software* Microsoft Access onde foram realizadas um conjunto de inquirições em linguagem de programação SQL (*Structured Query Language*/Linguagem de Consulta Estruturada) com o objetivo de produzir mais informação, bem como ter uma perspetiva temporal e sazonal das dívidas.

Tabelas iniciais:

- D_REALIZADAS – Informação presente na 1ª listagem;
- A_P – Informação presente na 2ª listagem;
- DTCC – Nome e código de município.

Tabelas criadas:

- REALIZADAS – Para que as inquirições sejam mais rápidas, optou-se por, em primeiro lugar, adicionar os campos referentes ao município à 1ª listagem:

```
SELECT D_REALIZADAS.*, DTCC.DTCC, DTCC.CONCELHO INTO REALIZADAS
FROM D_REALIZADAS, DTCC
WHERE DTCC.DTCC = D_REALIZADAS.DTCC
```

- BRIGADA_DTCC – Lista de brigadas com o respetivo município:

```
SELECT DISTINCT DTCC, CODIGO_BR INTO BRIGADA_DTCC
FROM A_P
```

- SUM_BR – Soma de dívidas aprovadas, dívidas reprovadas e total de dívidas por brigada:

```
SELECT CODIGO_BR, SUM(APROVADOS) AS SUM_APROVADOS, SUM(REPROVADOS)
AS SUM_REPROVADOS, SUM(TOTAL) AS SUM_TOTAL INTO SUM_BR
FROM REALIZADAS
GROUP BY CODIGO_BR
```

- SUM_AS – Soma de dívidas aprovadas, dívidas reprovadas e total de dívidas por associação:

```

SELECT CODIGO_AS, SUM(APROVADOS) AS SUM_APROVADOS, SUM(REPROVADOS)
AS SUM_REPROVADOS, SUM(TOTAL) AS SUM_TOTAL INTO SUM_AS
FROM REALIZADAS
GROUP BY CODIGO_AS

```

- **SUM_DTCC** – Total de dívidas aprovadas, dívidas reprovadas e total de dívidas por município:

```

SELECT DTCC, SUM(APROVADOS) AS SUM_APROVADAS, SUM(REPROVADOS) AS
SUM_REPROVADAS, SUM(TOTAL) AS SUM_TOTAL INTO SUM_DTCC
FROM REALIZADAS
GROUP BY DTCC

```

- **SUM_CENTRO** – Total de dívidas aprovadas, dívidas reprovadas e total de dívidas por centro de sangue:

```

SELECT CENTRO, SUM(APROVADOS) AS SUM_APROVADOS, SUM(REPROVADOS) AS
SUM_REPROVADOS, SUM(TOTAL) AS SUM_TOTAL INTO SUM_CENTRO
FROM REALIZADAS
GROUP BY CENTRO

```

- **ADIADAS_DTCC** – Número de brigadas adiadas por município:

```

SELECT DTCC, COUNT(CODIGO_BR) AS ADIADAS INTO ADIADAS_DTCC
FROM A_P
WHERE E= 'A'
GROUP BY DTCC

```

- **PREVISTAS_DTCC** – Número de brigadas previstas por município:

```

SELECT DTCC, COUNT(CODIGO_BR) AS PREVISTAS INTO PREVISTAS_DTCC
FROM A_P
WHERE E= 'P'
GROUP BY DTCC

```

- **PUBLICO_DTCC** – Número de brigadas de acesso público por município (realizadas):

```

SELECT DTCC, COUNT(CODIGO_BR) AS PUBLICO INTO PUBLICO_DTCC
FROM A_P
WHERE A = 'P' AND E = 'P'
GROUP BY DTCC

```

- **RESTRITO_DTCC** – Número de brigadas de acesso restrito por município:

```
SELECT DTCC, COUNT(A) AS RESTRITO INTO RESTRITO_DTCC
FROM A_P
WHERE A= 'R' AND E = 'P'
GROUP BY DTCC, A
```

- **DADIVAS_MES** – Número de dádivas por mês:

```
SELECT MONTH(DATA) AS MES, SUM(APROVADOS) AS SUM_APROVADOS,
SUM(REPROVADOS) AS SUM_REPROVADOS, SUM(TOTAL) AS TOT INTO
DADIVAS_MES
FROM REALIZADAS
GROUP BY MONTH(DATA)
```

- **BRIG_MES** – Número de brigadas por mês:

```
SELECT MONTH(DATA) AS MES, COUNT(CODIGO_BR) AS NUM_BRIG INTO
BRIG_MES
FROM REALIZADAS
GROUP BY MONTH(DATA)
```

- **DADIVAS_JAN** – Número de dádivas aprovadas, reprovadas e totais nom mês de janeiro por município (igual para os outros meses):

```
SELECT DTCC, SUM(APROVADOS) AS APR_01, SUM(REPROVADOS) AS REP_01,
SUM(TOTAL) AS TOT_01 INTO DADIVAS_JAN
FROM REALIZADAS
WHERE MONTH(REALIZADAS.DATA)=01
GROUP BY DTCC
```

- **BRIG_DTCC** – Número brigadas por município:

```
SELECT DTCC, COUNT(CODIGO_BR) AS NUM_BRIGADAS INTO BRIG_DTCC
FROM A_P
GROUP BY DTCC
```

- **NUM_BRIG_AS** – Número de brigadas por associação:

```
SELECT CODIGO_AS, COUNT(CODIGO_BR) AS NUM_BRIG INTO NUM_BRIG_AS
FROM REALIZADAS
GROUP BY CODIGO_AS
```

- DADIVAS_AS – Número de dívidas por associação:

```
SELECT CODIGO_AS, SUM(APROVADOS) AS APR, SUM(REPROVADOS) AS REPR,
SUM(TOTAL) AS TOT INTO DADIVAS_AS
FROM REALIZADAS
GROUP BY CODIGO_AS
```

- DADIVAS_BR – Número de dívidas por brigada:

```
SELECT CODIGO_BR, SUM(APROVADOS) AS APR, SUM(REPROVADOS) AS REPR,
SUM(TOTAL) AS TOT INTO DADIVAS_BR
FROM REALIZADAS
GROUP BY CODIGO_BR
```

4.6.3 Construção de uma base de dados em Microsoft Access

A informação foi obtida através de informação disponível em relatórios da Entidade Reguladora da Saúde (ERS), no *website* do Instituto Nacional de Estatística (INE) e de listagens do IPST. Recolhida a informação foram realizados diversos passos com o intuito de a preparar para ser utilizada nas análises e disponibilizada na aplicação MLA.

Para a preparação da informação foi construída uma base de dados em Microsoft Access, onde foi gerada informação derivada a partir dos dados iniciais usando um conjunto de inquirições. Posteriormente, foi feita a geocodificação dessa informação.

Foi então oferecida a aplicação *webSIG Mapidea Location Analytics* ao IPST, com alguns temas pertinentes para que dentro da organização seja possível utilizar informação geográfica para gestão de dívidas e planeamento de atribuição de recursos.

A disponibilidade de sangue é um dos requisitos importantes no tratamento de emergências médicas. Os bancos de sangue não mantêm as reservas necessárias para fazer face às necessidades nessas alturas. Assim, a base de conforto é obtida a partir dos doadores da região. O *webSIG* integrado com o sistema de informações do banco de sangue, permite auxiliar os profissionais de saúde a manter ou aumentar as reservas ao estudar a distribuição espacial dos doadores, classificando-os, e definindo as áreas de influência de cada um dos centros de dívida de sangue. Cada uma destas questões é coberta usando várias funções SIG, incluindo, como foi acima referido, análise de vizinhança (*buffers*), mas também análise de redes e análise de sobreposição. A análise de redes é usada para produzir as unidades-tempo ne-

cessárias para um dador chegar ao posto fixo de dádiva de sangue e a análise de sobreposição é aplicada ao posto fixo de dádiva de sangue selecionado para calcular a dimensão da amostra de dadores ao seu redor.

Para ser possível carregar dados e criar novos utilizadores na aplicação foi necessário obter privilégios de administrador. Estes privilégios permitem o acesso à administração da aplicação e carregamento dos dados que se pretendem disponibilizar.

Obtida a informação, foi necessário realizar um conjunto de operações para a preparar para que possa ser utilizada nas análises e disponibilizada na solução web. Antes de carregar qualquer informação é necessário verificar se existem erros de geometria que possam comprometer o funcionamento da aplicação. Carregados os dados é possível personalizar os detalhes visuais da *layer*, escolher quais os atributos que ficarão visíveis e atribuir um nome perceptível, que não tem restrições de caracteres como em algum do *software* existente na área dos SIG.

Na ferramenta de informação também é possível personalizar a informação visível ao carregar numa entidade, em gráfico e lista, sendo que esta formatação pode sempre ser modificada pelo utilizador.

4.6.4 Geocodificação

A Georreferenciação é o processo de converter informação não-geográfica, i.e., que não tem nenhuma referência geográfica válida que possa ser usada em análises espaciais, em informação geográfica (Hill, 2006).

A geocodificação (*geocoding*) é considerada um método de georreferenciação (Goldberg et al., 2007). Goldberg (2008) define geocodificação como o “ato de transformar um texto descritivo de localização espacial numa representação espacial válida, usando um processo pré-definido” e apresenta também outras definições, escolhidas por causa da sua diversidade e reveladoras de que o conceito sofre alterações consoante a área em que é aplicado, e.g., investigação, mundo académico ou indústria (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 - Diferentes definições de Geocodificação (Goldberg, 2008)

Fonte	Definição
<i>Environmental Sciences Research Institute</i> (1999)	Processo de correspondência de dados tabulares que contém informações de localização, como moradas, com as coordenadas do mundo real.
Universidade de Harvard (2008)	A atribuição de um código numérico a uma localização geográfica.
<i>Statistics Canada</i> (2008)	O processo de atribuição de identificadores geográficos (códigos) para mapear dados.
<i>U.S. Environmental Protection Agency</i> (2008)	O processo de atribuição de latitude e longitude a um ponto, com base em nomes de rua, cidade, país e código postal.

Os primeiros sistemas de geocodificação usados nos censos dos Estados Unidos da América nos anos 1960 apenas transformavam endereços postais e edifícios importantes em áreas geográficas delimitadas por códigos numéricos (O'Reagan e Saalfeld, 1987). Hoje em dia a geocodificação é importante pois ajuda as organizações a identificarem onde se localizam os seus clientes e a concorrência, permitindo determinar áreas de atuação para, por exemplo, atividades promocionais (Robinson e Kaplan, 2012).

A geocodificação de dados de saúde e relacionados tornou-se numa atividade básica no que diz respeito à investigação e prática no âmbito da saúde pública, sendo que os passos necessários para a sua realização estão a mudar rapidamente, à medida que são desenvolvidas novas técnicas que permitem anexar identificadores geográficos aos dados. Os códigos geográficos tornaram-se úteis na investigação e prática no âmbito da saúde pública (Figura 4.5) pois fornecem ligações entre dados díspares que doutra forma não seriam identificados (Rushton et al., 2008).

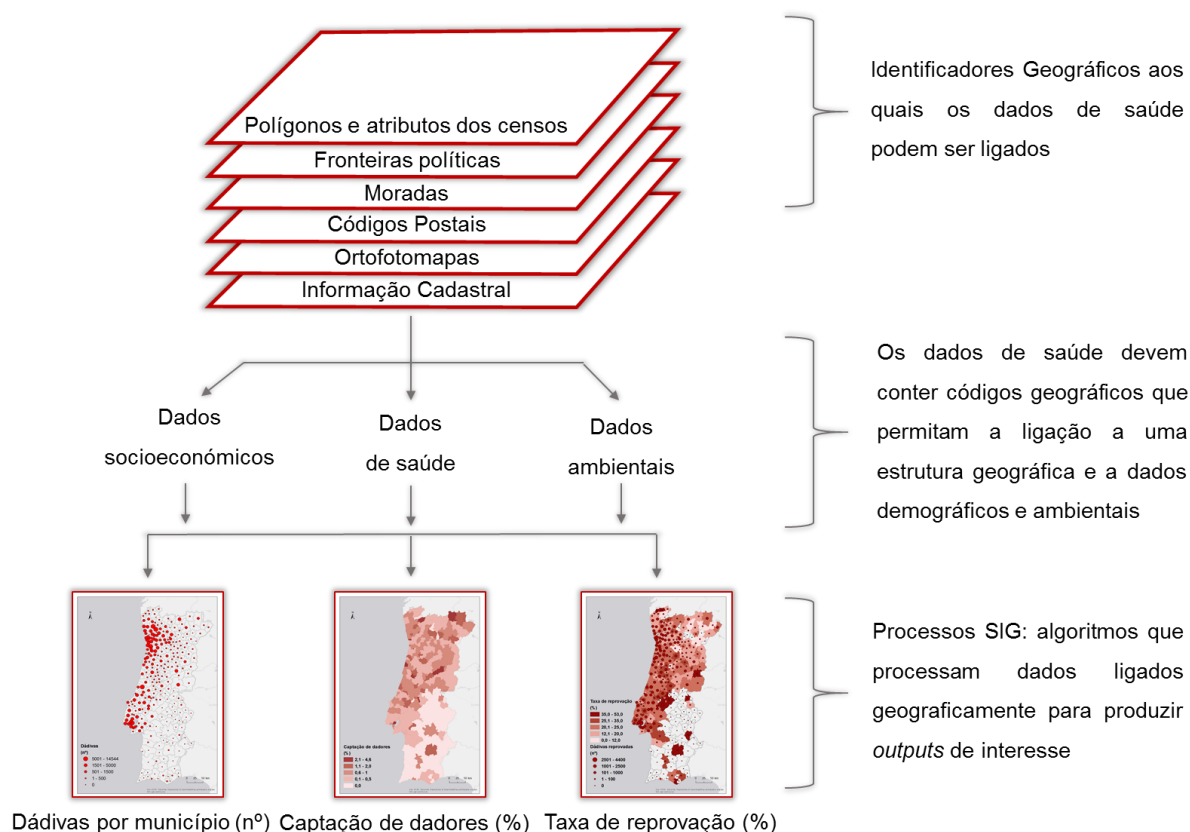


Figura 4.5 - Fatores que levam ao aumento do uso de da geocodificação no âmbito da saúde pública. (adaptado de Rushton *et al.*, 2008)

É importante salientar que, quando o detalhe assim o permite, certo tipo de informação geocodificada pode ser utilizada para identificar indivíduos. Alguns registos com informação de doentes são obrigados por lei a permanecer confidenciais, com o propósito de proteger a privacidade dos mesmos. Efetivamente, e apesar dos benefícios que podem ser alcançados ao analisar geograficamente estes dados, estes benefícios não podem ser obtidos à custa da privacidade dos indivíduos (Rushton *et al.*, 2008).

Existem diversos tipos de geocodificação (manuais e automáticos), sendo eles:

- I. Geocodificação por lote de dados (*batch geocoding*): geocodificação automática de uma lista de moradas, que é introduzida num *software* específico e traduzida para uma lista de códigos geográficos. Este processo automático requer o cuidado adicional de verificação de erros;
- II. Pesquisa única (*single search*): pesquisa manual de uma morada de cada vez. Este método é utilizado quando a lista de moradas é mais pequena e é possível verificar se o processo é bem efetuado;

- III. Geocodificação inversa (*reverse geocoding*): dado um conjunto de códigos geográficos, como coordenadas, é retornada a morada. Este nome resulta do facto de ser feito o processo inverso da geocodificação habitual e também é possível ser executado por lote de dados.

4.6.5 Informação Geocodificada

Neste estágio foi geocodificada informação referente aos hospitais públicos de Portugal, aos centros de dádiva de sangue do IPST e às brigadas moveis realizadas pelas associações de dadores.

No relatório da ERS de 2012 foi possível obter a lista de hospitais públicos de Portugal, que foi convertida em tabela. Devido ao facto de a lista dos hospitais não ter uma morada associada, não se optou pelo método de geocodificação por lote de dados. Ao invés disso, e para rentabilizar o tempo, foi feita uma pesquisa no motor de pesquisa *Google* bem como na aplicação *Google Maps* para localizá-los, e utilizado o método de geocodificação de pesquisa única, para obter as coordenadas de cada hospital em virtude de a aplicação assim o permitir.

À lista de hospitais em tabela foi então adicionado um campo de longitude e um campo de latitude com as coordenadas obtidas. Posteriormente, no *software opensource* QGIS versão 2.12.0, foi possível importar esta informação e convertê-la em informação em estrutura vetorial (pontos). O método de geocodificação dos centros de dádiva de sangue do IPST foi o mesmo. No caso das brigadas móveis, estas foram geocodificadas pelo método de geocodificação por lote de dados, visto que existem 2 535 brigadas distintas. Para tal recorreu-se a um *website* onde se introduz a lista de endereços e que recorrendo aos serviços Google traduz esses endereços em coordenadas que podem ser convertidas em informação em estrutura vetorial (pontos). O erro deste método situou-se nos 30% pois os nomes das brigadas não contêm uma morada, mas sim o nome do local o que muitas das vezes é incompleto, e, portanto, pernicioso para uma boa geocodificação.

4.6.6 Associação de tabelas

A informação disponível no *website* do INE contem códigos associados ao nível de desagregação geográfica da informação. Toda a informação foi retirada ao nível geográfico do município, que contem um código de quatro dígitos em que os dois primeiros representam o distrito em que o município se localiza e os dois últimos identificam o município no contexto desse distrito. Este código foi denominado de DTCC.

Como nas listagens cedidas pelo IPST apenas constavam os nomes dos municípios foi atribuído o código correspondente para que esta informação possa ser utilizada. É com este código que é possível associar mais informação à tabela de base (Figura 4.6).

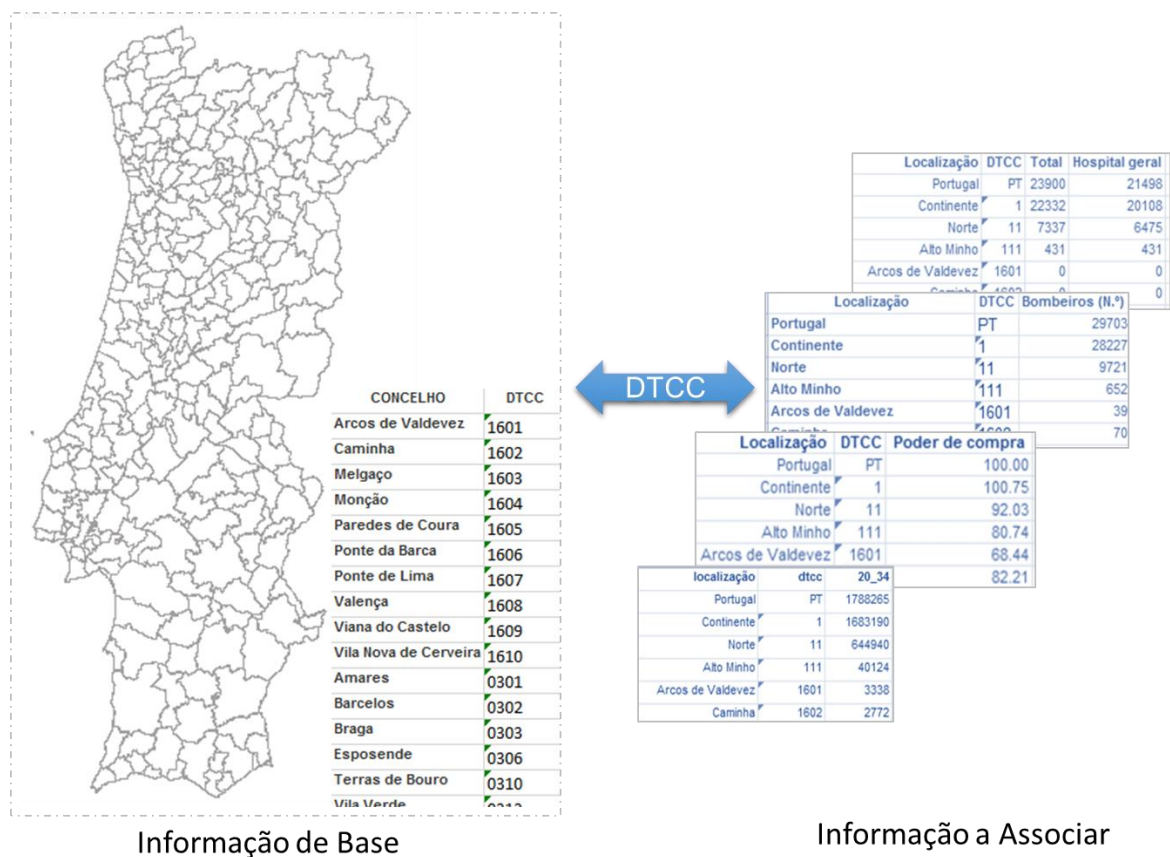


Figura 4.6 - Associação de tabelas através do código de município

4.6.7 Informação utilizada

Preparada a informação é feita a escolha das variáveis que entram nas análises e que serão disponibilizadas (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 - Informação Utilizada				
Tema	Variáveis	Ano	Fonte	
Hospitais Públicos	Nome	2012	ERS	
	ARS em que se insere			
	Concelhos agrangidos			
	Tipologias			
	Número de médicos			
	Lotação			
	População abrangida			
Postos fixos de dádiva de sangue	Região	2016	IPST	
	Distrito			
	Concelho			
	Nome			
	Morada			
	Horário			
	Telefone			
	Horas de funcionamento por mês			
	Aberto ao fim de semana			
Municípios de Portugal	Nome	2014	INE	
	Residentes			
	Residentes com idade para ser dador			
	Residentes com idade para realizar a primeira dádiva			
	Residentes dos 20 aos 34 anos			
	Acidentes			
	Hospitais públicos	2013		
	Número de camas de hospitais públicos			
	Poder de compra per capita			
	Bombeiros			
	População empregada por setor			
	População residente a estudar, e empregada segundo o ramo de atividade económica	2011		
	Nível de escolaridade da população residente			
	Centro de Sangue	2014	IPST	
	Total de dádivas			
	Dádivas aprovadas			
	Dádivas reprovadas			
Número de brigadas				
Dadores regulares				
Novos dadores				

4.6.8 Carregamento e Disponibilização da Informação

Como selecionar um mercado alvo, para captar novos clientes/dadores e aumentar as vendas/dádivas? Segundo Jones e Simmons (1987), consoante o ramo de atividade, são atraídos diferentes tipos de clientes, fazendo com que a taxa de penetração de mercado varie o suficiente para fazer com que certos locais sejam mais promissores que outros. Este processo de definição do público alvo começa com a criação do perfil do cliente, onde se definem aspetos como a idade, sexo, salário e estilo de vida. Com este perfil e tendo em conta informação da empresa sobre os clientes, bem como informação populacional existente nos censos, é possível observar em que locais existe uma maior concentração de pessoas com as características desejadas. Tendo isto em conta, e depois de diversas reuniões no IPST, foi recolhida ao nível do município, a informação existente no *website* do Instituto Nacional de Estatística considerada pertinente para o perfil do dador.

Esta informação por si só não se afigura suficiente para a realização do trabalho e por isso o IPST disponibilizou informação sobre o número de novos dadores e dadores regulares por município, o número de dádivas efetuadas nos hospitais (incompleto) e também listagens das brigadas móveis efetuadas, que continham informação acerca do número de dádivas recolhidas pelas mesmas. Para integração dessa informação foi necessário realizar a digitalização das 707 folhas de listagens e posterior utilização de um *software* de reconhecimento ótico de caracteres para que essa informação pudesse ser convertida num formato que possa ser lido no *software* Microsoft Excel. Terminado este processo, foi feito um tratamento e validação dos dados em Microsoft Excel. Este é um método moroso e com elevado risco de erro.

Foram disponibilizados dois tipos de listagens, com os seguintes atributos:

1ª listagem:

- Associação;
- Código da associação;
- Código do centro de sangue correspondente;
- Código da brigada móvel;
- Nome da brigada móvel;
- Data em que foi efetuada a brigada móvel;
- Número de dádivas aprovadas;
- Número de dádivas reprovadas.

2ª listagem:

- Distrito;
- Concelho;
- E-Estado (A-Adiada/P-Planeada);
- A-Acesso (P-Público/R-Restrito);
- Centro de sangue correspondente;
- Nome da brigada móvel;
- Código da brigada móvel;
- Data.

Com esta informação, e visto que existiam brigadas com os mesmos códigos mas que pertenciam a centros de sangue diferentes, foi atribuído um código a cada brigada, constituído pelo código do centro de sangue seguido do código da brigada, criando uma chave primária única para cada brigada. Foi executado o mesmo procedimento para o código da associação.

Depois de uma consulta do *website* do IPST recolheu-se informação acerca dos centros fixos de dádiva de sangue. Foram contabilizados 31 centros e obtidos dados referentes à região, distrito, concelho, morada, horário e telefone de cada um.

Além desta informação, foi também recolhida informação adicional acerca dos hospitais públicos existentes em Portugal, constante em relatórios da ERS. Posteriormente foi seguido o mesmo processo de normalização efetuado às listagens do IPST. A obtenção desta informação é importante pois permite efetuar estudos que visam apoiar um dos pressupostos estratégicos que o IPST pretende alcançar – a mudança de paradigma da colheita, usando os hospitais públicos como possíveis localizações de novos centros de dádiva de sangue. Nestes relatórios foi possível obter a seguinte informação:

- Nome do hospital;
- Administração Regional de Saúde (ARS) em que se insere;
- Concelhos agrangidos;
- Tipologias;
- Número de Médicos;
- Lotação;
- População.

Para auxílio nas análises realizadas foi obtida informação topológica e de circulação sobre rede viária de Portugal da NAVTEQ (atual Nokia *Here*) do ano de 2012.

4.6.9 Material disponibilizado

A solução Mapidea Location Analytics foi disponibilizada ao IPST com três temas carregados (Quadro 4.3): i) O tema “Concelhos” que contem os Municípios de Portugal e dispõe de 13 atributos; ii) o tema “Hospitais”, que contem os Hospitais Públicos de Portugal e dispõe de 8 atributos; e iii) O tema “Postos fixos de dádiva de sangue” que contem os Centros de dádiva de sangue fixos do IPST e dispõe de 8 atributos.

Foram realizadas apresentações de formação na aplicação para diversos trabalhadores do IPST, incluindo o presidente, o professor doutor Hélder Trindade.

Para além destes temas e atributos disponibilizados, foi realizado um conjunto de 9 análises, como exemplos do potencial da aplicação e um manual técnico de 8 páginas com os passos necessários para a sua realização.

Foi também realizado e disponibilizado um guia rápido de 20 páginas que aborda as principais funcionalidades da aplicação. Neste guia foi facultado o *link* para aceder à aplicação, explicadas as principais ações de interface bem como os passos para configurar a ferramenta de informação. Foram também disponibilizados os passos para: i) criar um filtro; ii) criar uma nova coluna; iii) criar uma camada de vizinhança (*buffer*); iv) criar um mapa temático; v) criar um mapa temático (comparação); vi) exportar informação; e vii) salvar e partilhar análises. Este guia contem também a lista de temas e atributos disponíveis, com a sua descrição, fonte e data.

Para apoio na utilização da aplicação é possível consultar uma página de ajuda sempre que necessário.

Quadro 4.3 - Temas e atributos contidos na *Mapidea Location Analytics* e disponibilizados ao IPST

Tema	Atributos
Concelhos	Nome do Concelho
	Sigla correspondente ao centro de sangue
	População residente
	População residente com idades entre 20 e 34 anos
	População residente com idade para fazer a primeira dádiva
	População residente com idade para serem doadores
	Número de doadores regulares
	Número de novos doadores
	Número de dádivas (total)
	Número de dádivas aprovadas
	Número de dádivas reprovadas
	Número de brigadas realizadas
	Número de hospitais públicos
	Número de camas dos hospitais públicos
	Poder de compra <i>per capita</i>
Hospitais	Designação do Hospital
	Administração Regional de Saúde (ARS) onde o Hospital se insere
	Centro Hospitalar em que o Hospital se insere
	Tipologia do Hospital
	Hospital Geral ou especializado
	População abrangida pelo Hospital
	Total de médicos que trabalham no Hospital
	Total de consultas efetuadas no Hospital
	Número de Camas do Hospital
	Nome do posto fixo de dádiva de sangue
Postos fixos	Concelho do posto fixo de dádiva de sangue
	Morada do posto fixo de dádiva de sangue
	Horário do posto fixo de dádiva de sangue
	Telefone do posto fixo de dádiva de sangue
	Número de horas de funcionamento por mês
	Centro aberto ao fim de semana? (Sim/Não)
	Número de dádivas

4.6.10 Criação de utilizadores

Acedendo à administração da aplicação é possível criar um *Role*. Os *Roles* permitem disponibilizar informação diferente a diferentes equipas, ou seja, se existir, por exemplo, uma equipa que apenas é responsável por dados de um local do país, é possível criar um *Role* em que apenas é disponibilizada informação acerca desse local. Neste caso foi apenas criado um *Role* chamado *Analyst*, mas podem sempre ser criados mais, se necessário.

Depois de criado o *Role*, foram criados 14 utilizadores. Para criar um utilizador é necessário criar um *user name*, *password*, facultar um *e-mail*, que será o *e-mail* utilizado para enviar notificações, e colocar o nome inteiro do utilizador.

4.6.11 Análise de suporte à decisão

A intenção da Mapidea foi disponibilizar ao IPST o acesso a uma aplicação *webSIG*, para que a sua utilização contribua para o aumento do número de dadores de sangue em Portugal. A solução Mapidea (Figura 4.7) permite aos elementos do IPST visualizarem, analisarem e comunicarem entre si através de mapas, adicionando a componente espacial à informação resultante das atividades de gestão e preparação dos processos de dádiva de sangue. A aplicação criada é considerada como um sistema de suporte de decisão espacial para o sistema de informação do banco de sangue e nela é disponibilizada informação de principalmente duas fontes, o IPST e o Instituto Nacional de Estatística (INE).

Uma das características do potencial de captação de dadores de uma área é a idade da população residente. Hollingsworth e Wildman (2004) e Burnett, (1982) indicam que as taxas de dádiva variam em relação ao número de indivíduos presentes em diferentes grupos etários e por isso, a partir da informação do INE, foram definidas 3 faixas etárias divididas em população com idade para realizar a primeira dádiva (entre os 20 e os 59 anos), população com idade para doar sangue (entre os 20 e os 64) e população com idade entre os 20 e os 34 anos para que seja feita uma fidelização de dadores. A esta informação foram acrescentados dados sociodemográficos bem como informação cedida pelo IPST acerca do número de dádivas, número de dadores regulares, número de novos dadores e centros de dádiva de sangue.

Com este conjunto de dados é possível produzir, com facilidade, mapas temáticos, comparar variáveis, e.g. número de dadores regulares *versus* número de novos dadores (Figura 4.8), realizar filtros (Figura 4.9) e cálculos (Figura 4.10) que podem ser partilhados entre utilizadores de diversas áreas dentro do IPST (Figura 4.11).

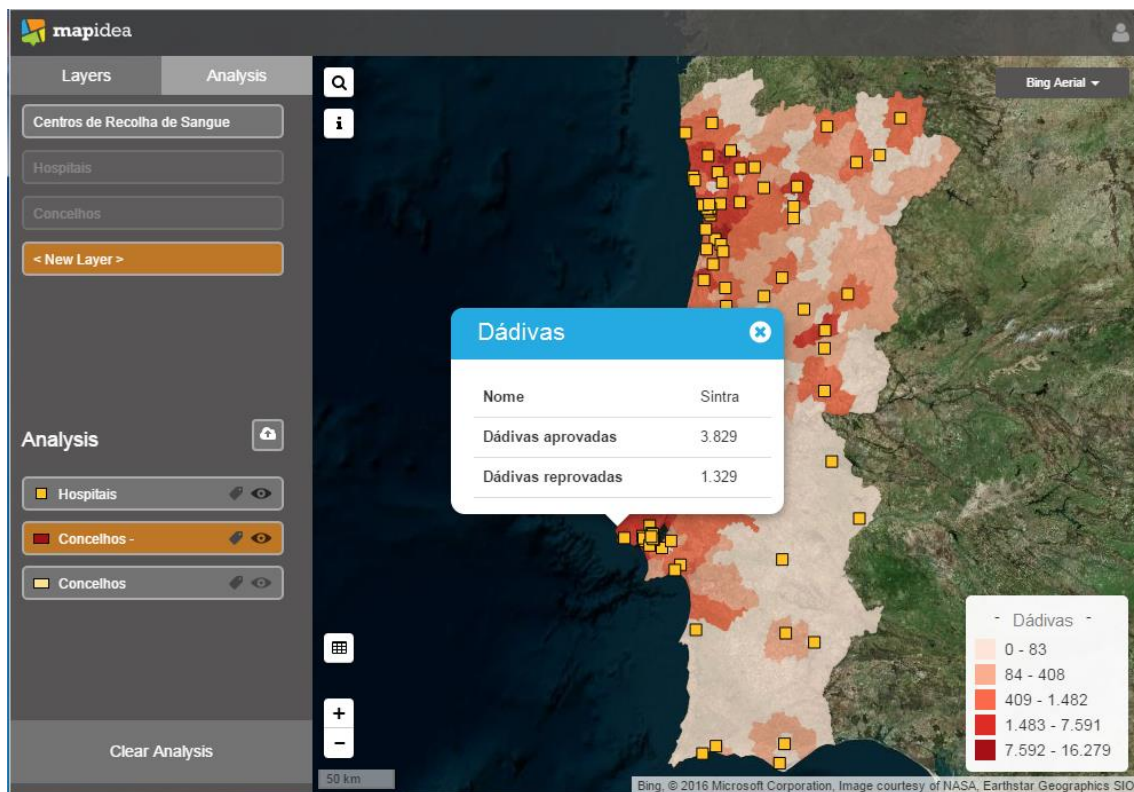


Figura 4.7 - WebSIG IPST-Mapidea.



Figura 4.8 - Passos para criar um mapa de comparação. Em manual IPST-Mapidea.

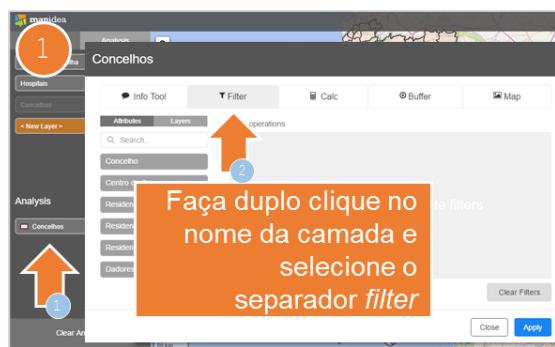


Figura 4.9 - Passos para criar um filtro. Em manual IPST-Mapidea.

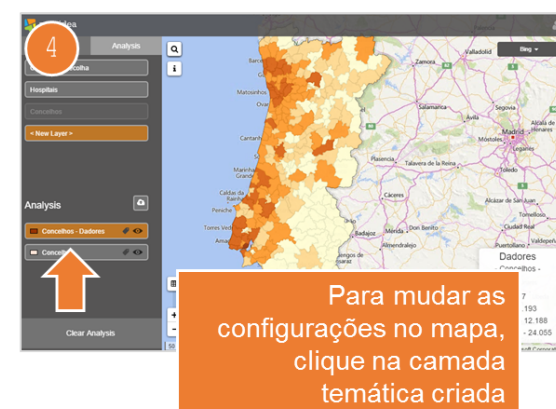
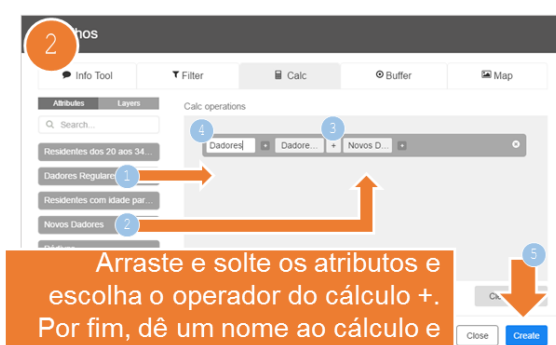
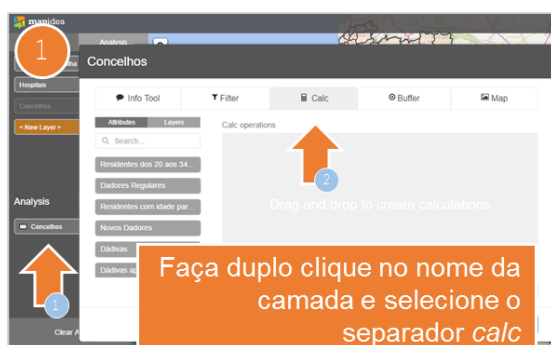


Figura 4.10 - Passos para criar uma nova métrica (cálculo). Em manual IPST-Mapidea.

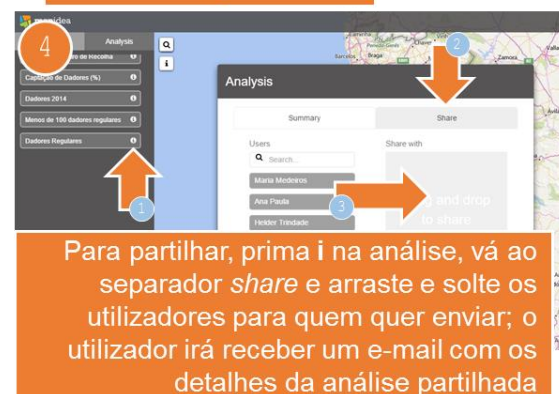
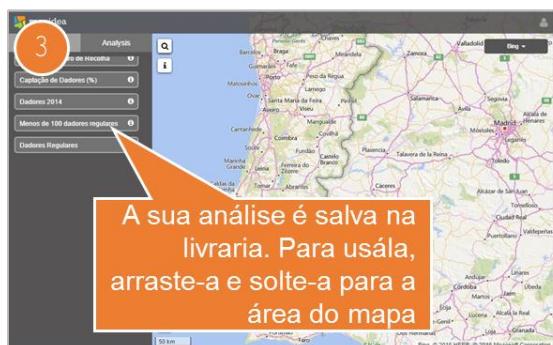
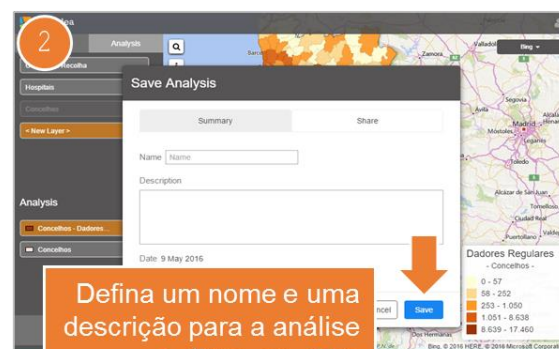
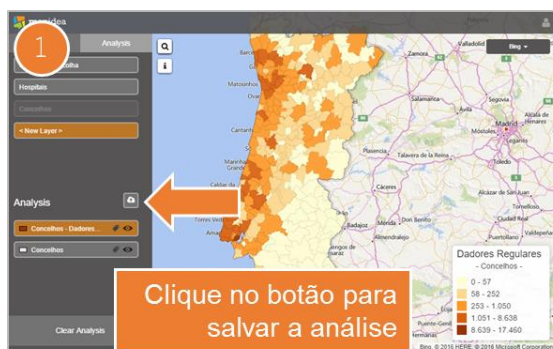


Figura 4.11 - Passos para partilhar análises. Em manual IPST-Mapidea.

5 ANÁLISE E ESTATÍSTICA ESPACIAL

Os dados analisados referem-se às brigadas móveis realizadas no ano de 2014. Foram efetuadas 4979 brigadas pertencentes a 245 associações de dadores que por sua vez pertencem a 3 centros de sangue (Lisboa, Coimbra e Porto) sendo que alguns municípios são abrangidos por dois centros (Figura 5.1). Em 64 dos municípios de Portugal não foram realizadas brigadas organizadas por associações de dadores⁷.

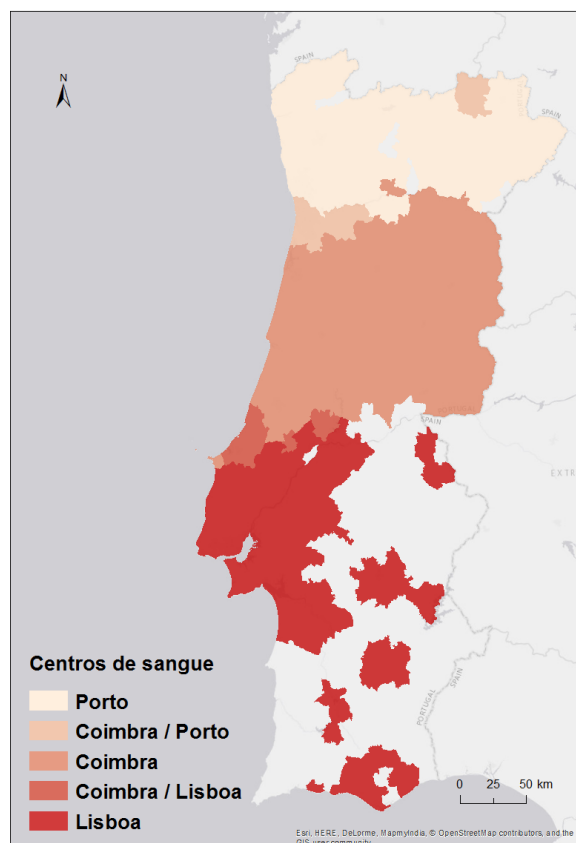


Figura 5.1 - Centros de Sangue do IPST.

⁷ Aljustrel, Almodôvar, Alvito, Barrancos, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Odemira, Serpa, Vidigueira, Vizela, Alfândega da Fé, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Vila Velha de Ródão, Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mora, Mourão, Portel, Redondo, Viana do Alentejo, Vila Viçosa, Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Lagos, Monchique, Olhão, Portimão, São Bráz de Alportel, Silves, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António, Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Nisa, Ponte de Sor, Sousel, Trofa, Golegã, Mação, Sardoal, Santiago do Cacém, Sines, Ponte da Barca, Alijó, Sabrosa e Ribeira de Pena.

5.1 ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS - IPST

Para analisar os municípios de Portugal relativamente às dádivas de sangue é importante começar por uma caracterização da população em termos de idade, pois apenas as pessoas com idades compreendidas entre os 18 e os 65 anos de idade podem dar sangue. Por outro lado, para efetuar a primeira dádiva de sangue é necessário ter idades compreendidas entre os 18 e os 60 anos. Na Figura 5.2 observam-se as maiores concentrações de população com idade para dar sangue, que se localizam, maioritariamente, nas áreas envolventes da cidade de Lisboa e do Porto. Fora destas áreas destacam-se os municípios de Leiria e Coimbra.

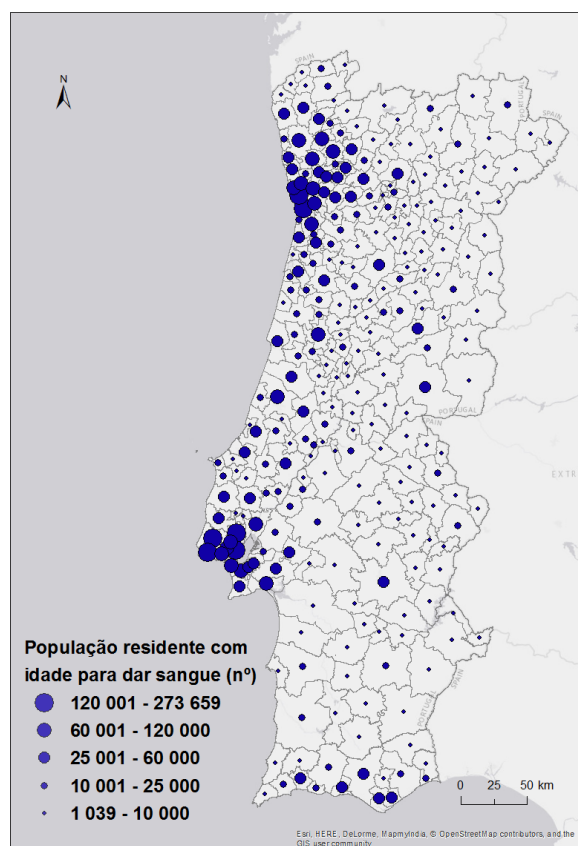


Figura 5.2 - População residente com idade para dar sangue (20-64 anos), por município, 2014.

Para garantir a continuidade das doações de sangue a longo prazo é também importante ter em conta a população entre os 20 e os 35 anos (Figura 5.3), sendo que quanto mais cedo for efetuada a primeira dádiva, maior a possibilidade dessa pessoa se tornar num dador regular. O tipo de dador que se pretende captar deve influenciar também na localização das brigadas e promoções de dádivas. Alguns exemplos, como brigadas em universidades têm sido uma

das medidas adotadas neste sentido, bem como promoções de dádivas direcionadas ao público jovem. Montijo, Vizela e Paços de Ferreira são os municípios com maior percentagem da população com idades compreendidas entre os 20 e os 35 anos, com 22,26%, 20,98% e 20,70%, respetivamente (Figura 5.4).

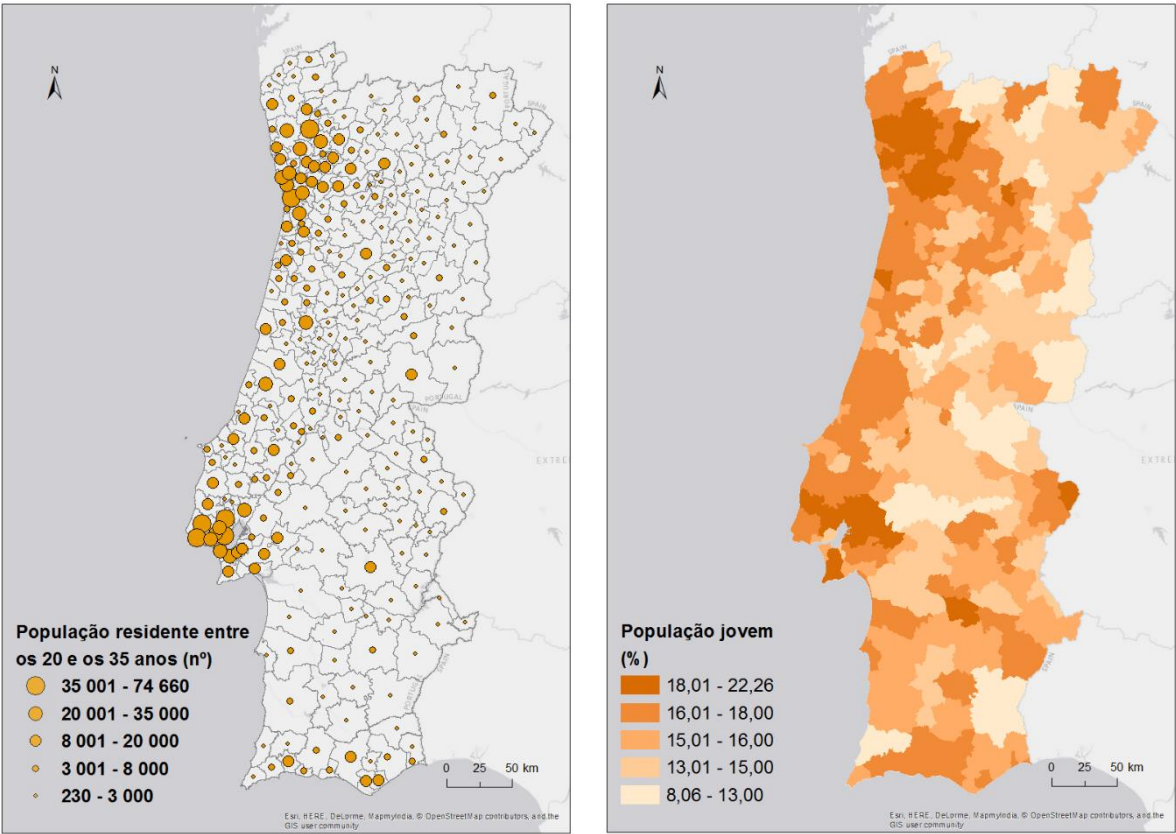


Figura 5.3 - População residente entre os 20 e os 35 anos, por município (A) e percentagem de população jovem (20 – 35 anos) por município (B), 2014.

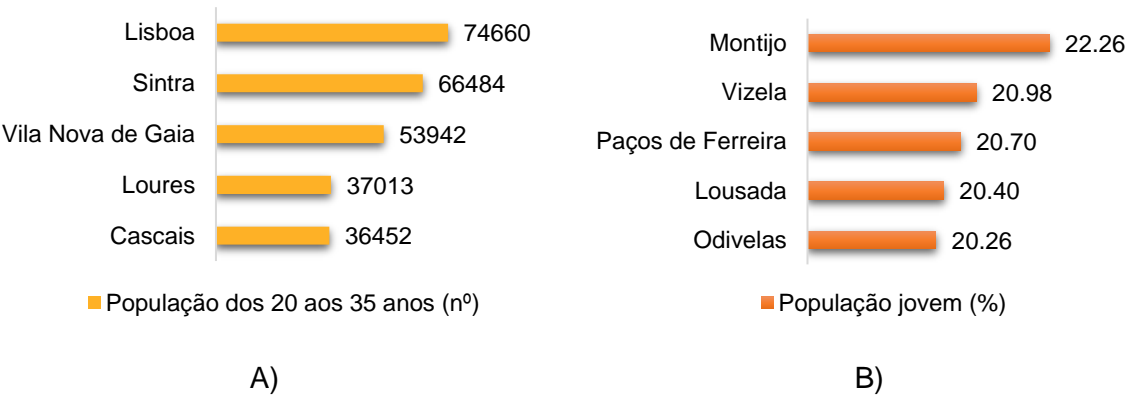


Figura 5.4 - Top 5 de municípios com mais residentes entre os 20 e os 35 anos (A) e com maior percentagem de população jovem (20 – 35 anos) (B).

Considerando um dos pressupostos estratégicos do IPST, que passa por realizar colheitas de dádivas em postos fixos com horários flexíveis em dias úteis é importante considerar a população que trabalha ou estuda num município, mas que não reside no mesmo (Figura 5.5). Analisando a distribuição da população nesta perspetiva existem claramente focos perto dos municípios de Lisboa e Porto, como no caso da população residente, mas aqui com uma menor dispersão pelos outros municípios.

Os municípios de Lisboa, Porto, Oeiras, Maia e Matosinhos ocupam os primeiros 5 lugares com um total de 671 663 indivíduos. De destacar também os municípios de Coimbra e Aveiro que mesmo estando mais afastados dos focos, apresentam valores elevados, aparecendo em 6º e 14º lugar.

Com horários flexíveis em dias uteis é possível a fidelização de dadores não residentes nos municípios.

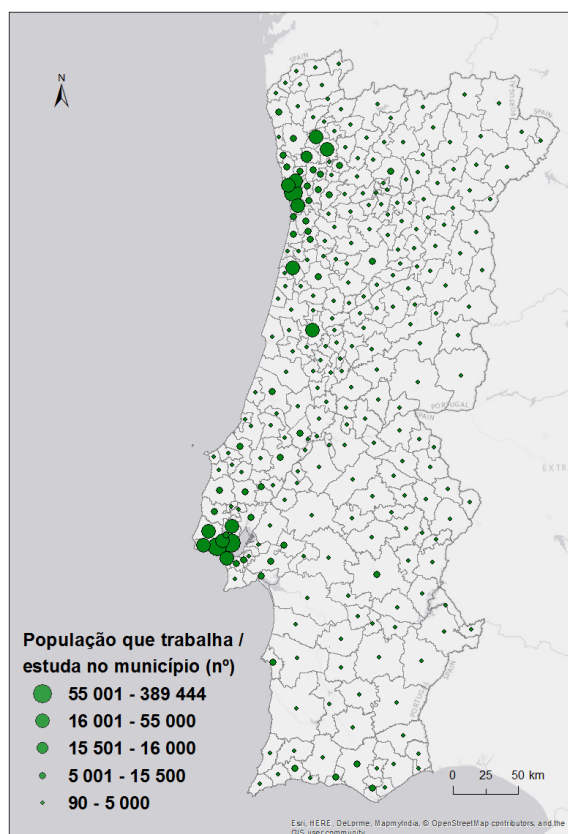


Figura 5.5 - Distribuição da população que trabalha ou estuda no município, 2011.

Como dito anteriormente, a fidelização de dadores é um dos fatores mais importantes do plano estratégico do IPST. Mais uma vez, tanto em termos de número de dadores regulares, como

de novos dadores (Figura 5.6) é visível uma distribuição semelhante a outros aspetos populacionais abordados, verificando-se que Lisboa e Porto ocupam novamente os primeiros lugares, tanto em número de dadores regulares como de novos dadores. Nos lugares seguintes, relativamente ao número de dadores regulares, estão Santa Maria da Feira, Braga e Leiria sendo que no que diz respeito ao número de novos dadores os municípios de Braga, Coimbra e Guimarães ocupam o 3º, 4º e 5º lugar (Figura 5.7).

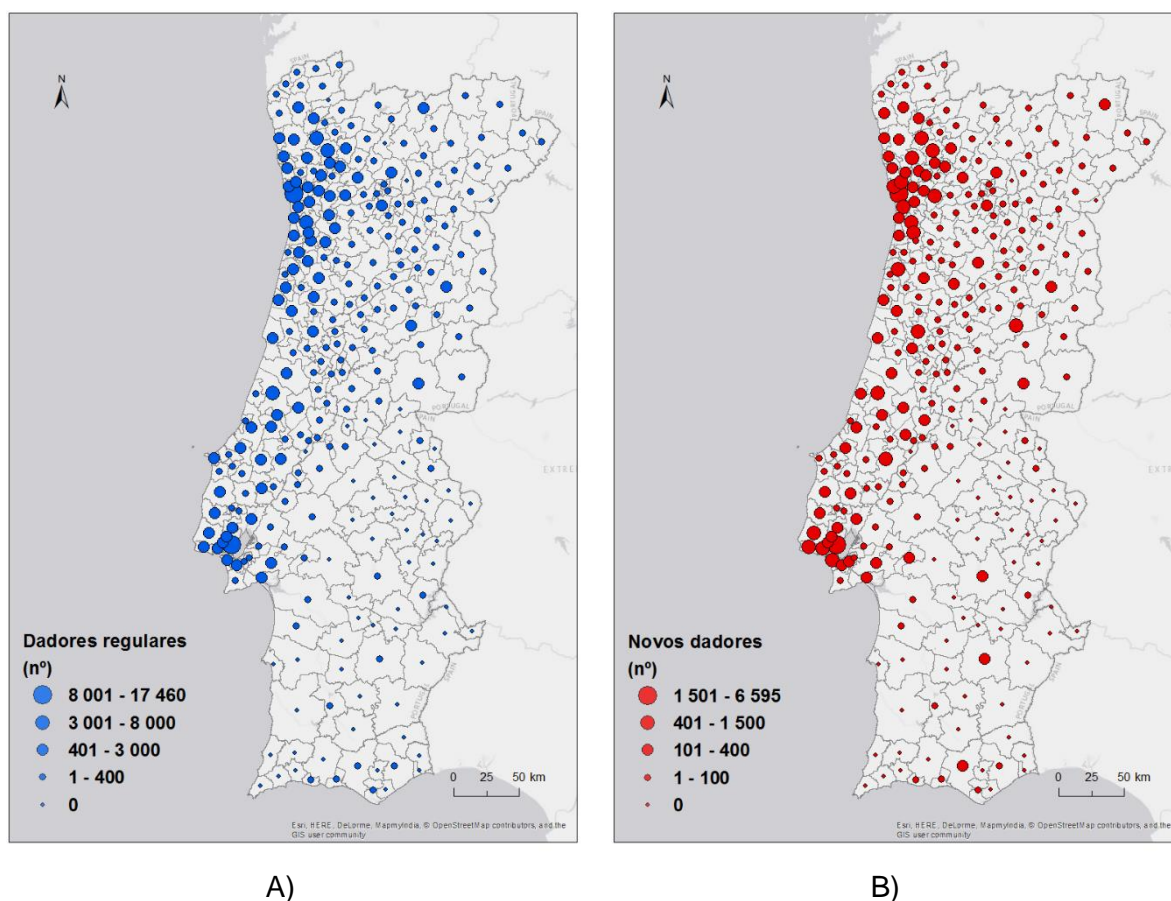


Figura 5.6 - Dadores regulares por município (A) e novos dadores por município (B), 2014.

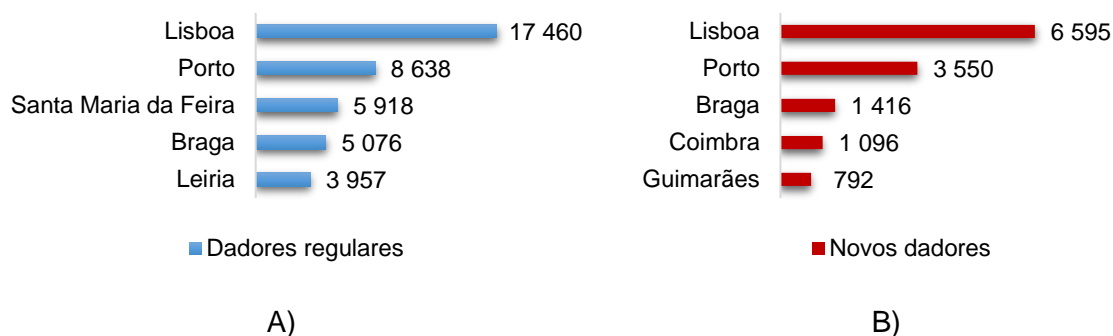


Figura 5.7 - Top 5 de municípios com maior número de dadores regulares (A) e de novos dadores (B).

Comparando os valores de dadores regulares e novos dadores (Figura 5.8), é expectável que o valor de dadores regulares seja mais alto, mas isso não acontece em 20 municípios. Esses municípios, por ordem de decrescente de número de novos dadores, são: São João da Madeira, Trofa, Condeixa-a-Nova, Évora, Beja, Lousã, Vendas Novas, Albufeira, Vinhais, Lagoa, Terras de Bouro, Tavira, Belmonte, Faro, Arcos de Valdevez, Ourique, Castelo de Vide, Penamacor, Portalegre e Vila Nova de Paiva.

Em alguns destes municípios o número de dadores, novos e regulares, é muito reduzido, como é o caso de Vila Nova de Paiva, Portalegre, Penamacor, Castelo de Vide, Ourique, Arcos de Valdevez e Faro, todos com menos de 50 dadores no total. Destaca-se o município de Vinhais com uma grande diferença, tendo 72 novos dadores mas apenas 4 dadores regulares.

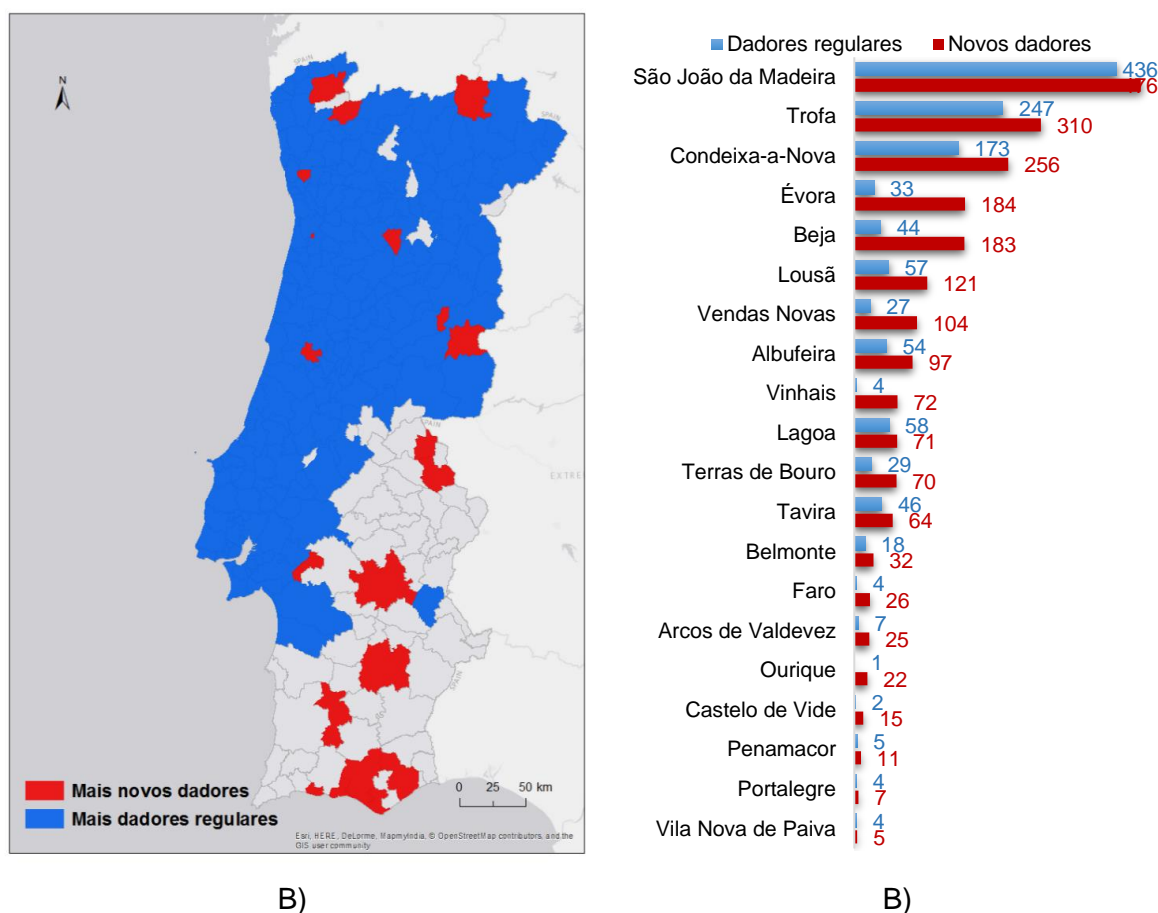


Figura 5.8 - Comparação entre dadores regulares e novos dadores por município (A) e municípios que obtiveram mais dadores novos do que dadores regulares, por ordem decrescente de número de novos dadores (B), 2014.

Considerando d_r os dadores regulares e r_s os residentes com idade para dar sangue, a taxa de fidelização de dadores (Figura 5.9) é calculada da seguinte forma:

$$Tx_f = \frac{d_r}{r_s} \quad (5.1)$$

Os municípios de Vale de Cambra, Constância e Arouca ocupam os primeiros lugares no que diz respeito à taxa de fidelização de dadores (Tx_f), com 7,9%, 7,6% e 7,4%, respetivamente. Faro, Portalegre, e Ourique ocupam os últimos lugares com 0,01%, 0,03% e 0,04% de taxa de fidelização de dadores. Os dois primeiros municípios têm 4 dadores regulares e o terceiro apenas 1.

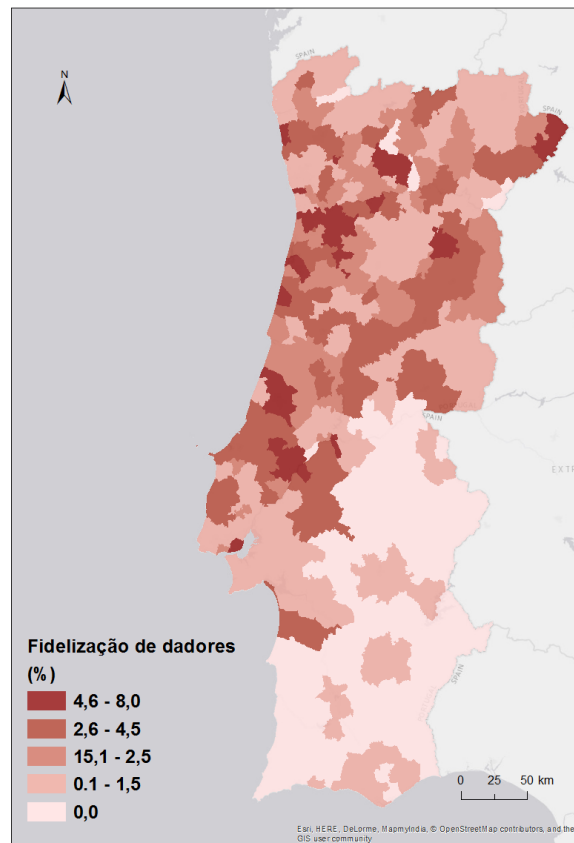


Figura 5.9 - Taxa de fidelização de dadores, 2014.

Considerando d_n os novos dadores e r_p os residentes com idade para efetuar a primeira doação, a taxa de captação de dadores (Figura 5.10) é calculada da seguinte forma:

$$Tx_c = \frac{d_n}{r_p} \quad (5.2)$$

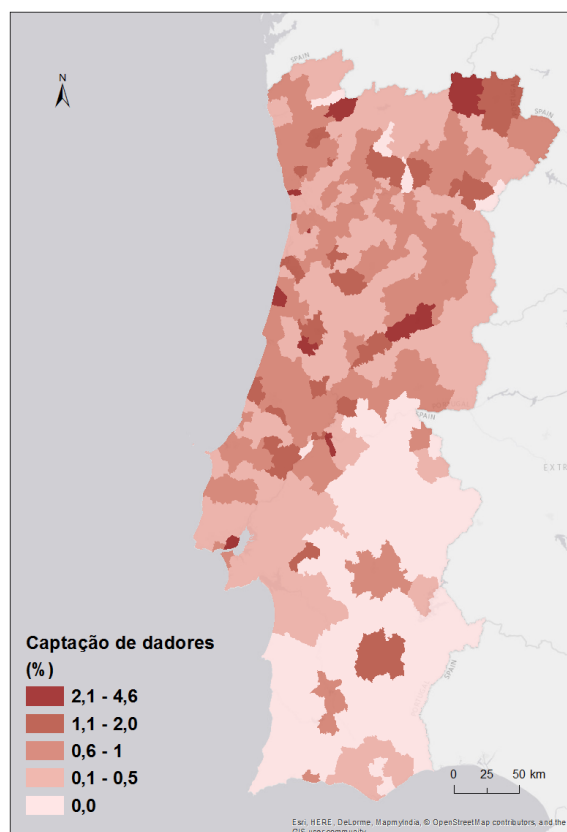


Figura 5.10 - Taxa de captação de dadores, 2014.

Os municípios com maior taxa de captação de dadores (Tx_c) são Constância, São João da Madeira e Porto, com 4,6%, 3,9% e 3,3%, e um total de 96, 476 e 3 550 novos dadores, respetivamente.

Para perceber quais os municípios que têm maior potencial de captação de dadores, selecionaram-se os com mais de 50 000 residentes com idade para ser dador de sangue e, ao mesmo tempo, têm menos de 1000 dadores regulares (Figura 5.11). Existem, então, 10 municípios que cumprem estas condições, a ver: Odivelas, Vila Nova de Famalicão, Vila do Conde, Barreiro, Marco de Canaveses, Sesimbra, Sines, Vouzela, Vila Nova de Cerveira e Alter do Chão. Estes, são concelhos onde, em termos estratégicos, podem ser alocados mais recursos para captação de dadores.

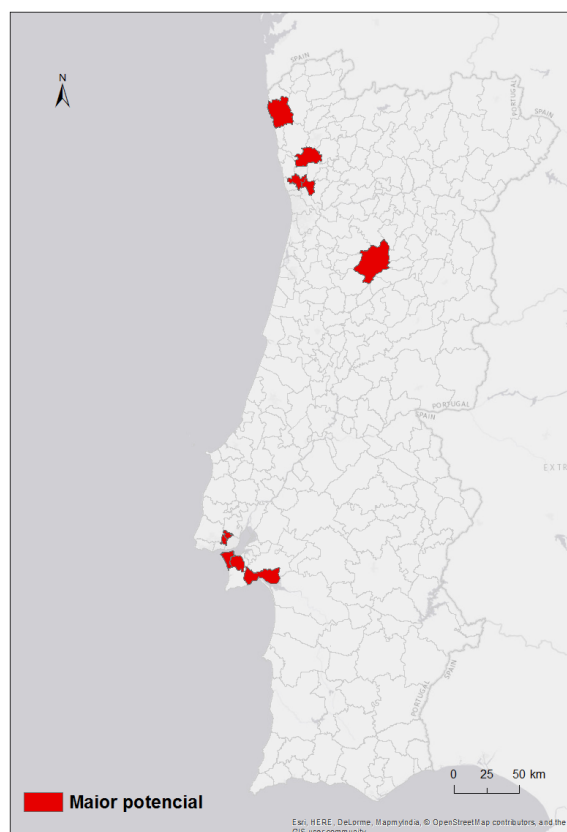


Figura 5.11 - Municípios com maior potencial de captação de dadores (mais de 50 000 residentes com idade para ser dador e menos de 1 000 dadores regulares).

Entre 2008 e 2010 o número de dádivas recolhidas pelo IPST aumentou cerca de 4%. Nos quatro anos seguintes os valores decresceram, tendo em 2014 decrescido 18,7% em relação a 2010, num total de menos 66 115 dádivas (Figura 5.12). Este fenómeno pode ser explicado pelo facto de ter sido retirada a isenção de taxas moderadoras aos dadores de sangue. Atualmente essa isenção já foi reposta.

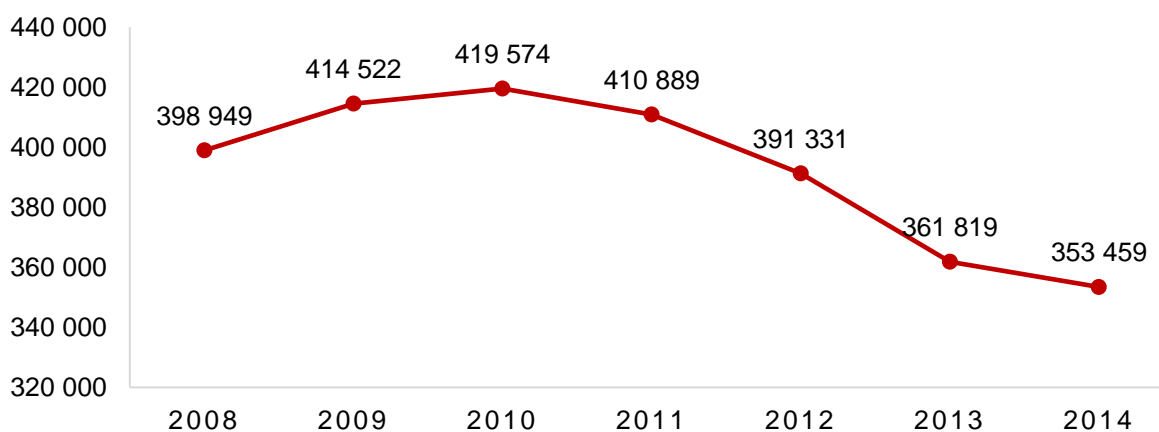


Figura 5.12 - Total de dádivas entre os anos 2008 e 2014. (IPST, 2014)

No ano de 2014 a percentagem de dídivas recolhidas aprovadas foi de 78%, colocando a taxa de reprovação nos 22%. Olhando para cada centro de sangue observa-se que os valores são muito semelhantes ao que acontece a nível nacional, tendo o centro de sangue de Lisboa a maior taxa de reprovação com 25% e o centro de sangue do Porto a menor taxa de reprovação com 18% (Figura 5.13).

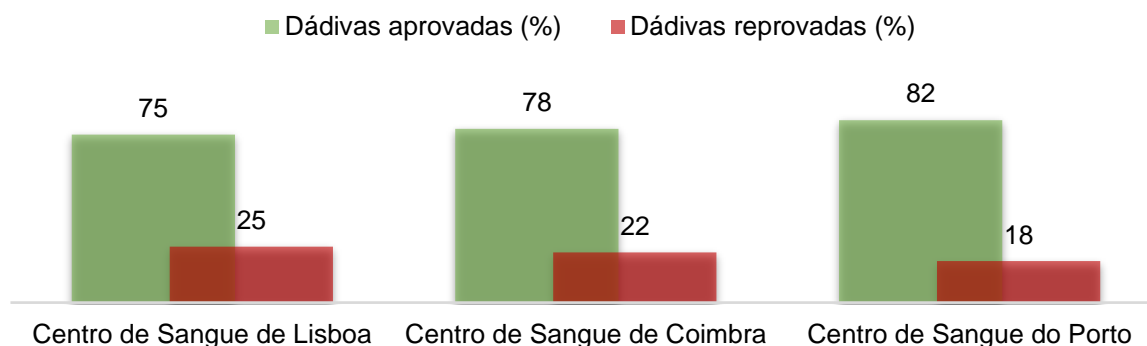


Figura 5.13 - Percentagem de dídivas aprovadas e reprovadas por Centro de Sangue.

Para além de uma maior taxa de reprovação, o centro de sangue de Lisboa tem um menor número de dídivas recolhidas, sendo suplantado neste aspeto pelo centro de sangue de Coimbra e, com o maior número de dídivas dos 3, pelo centro de sangue do Porto (Figura 5.14) que aliado ao facto de ter uma maior taxa de aprovação de dídivas recolhidas, faz com que seja o mais 'rentável'.

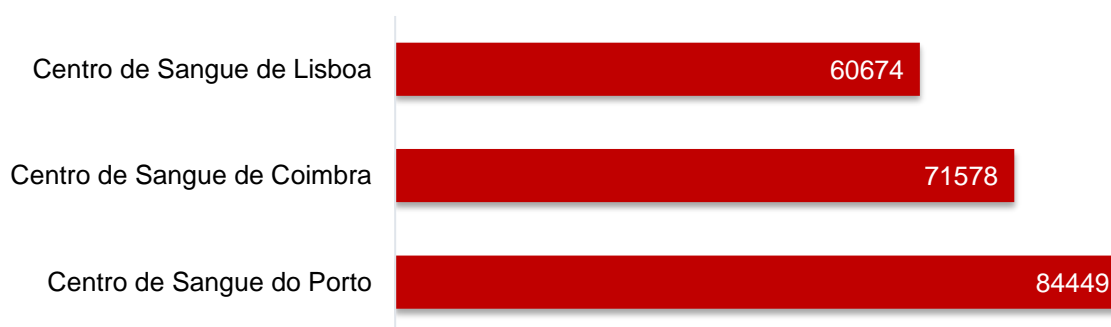


Figura 5.14 - Total de dídivas por Centro de Sangue.

Em termos mensais não existe muita discrepância nos valores das taxas de aprovação e reprovação (Figura 5.15), visto que ambas se situam em valores que rondam os valores registados no total anual. O mês onde a taxa de reprovação foi menor foi o mês de agosto e a situação inversa verificou-se em outubro, o qual obteve uma maior taxa de reprovação.

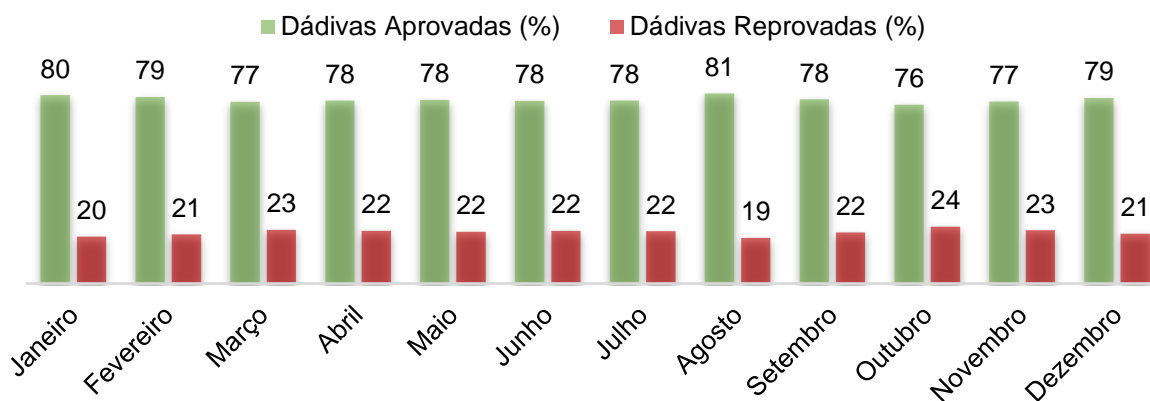


Figura 5.15 - Percentagem de dádivas aprovadas e reprovadas por mês.

Mensalmente foram recolhidas, em média, cerca de 18 000 dádivas em brigadas móveis. O mês de março registou o maior número de dádivas, seguindo-se dos meses de outubro e novembro. Estes três meses são também aqueles em que se observa uma maior taxa de reprovação (Figura 5.15). Na Figura 5.16 observa-se que o mês em que foram realizadas mais brigadas foi o mês de maio, o que não se traduziu num maior número de dádivas recolhidas. Seguem-se os meses de março, outubro e novembro como os em que foram recolhidas mais dádivas em brigadas móveis.

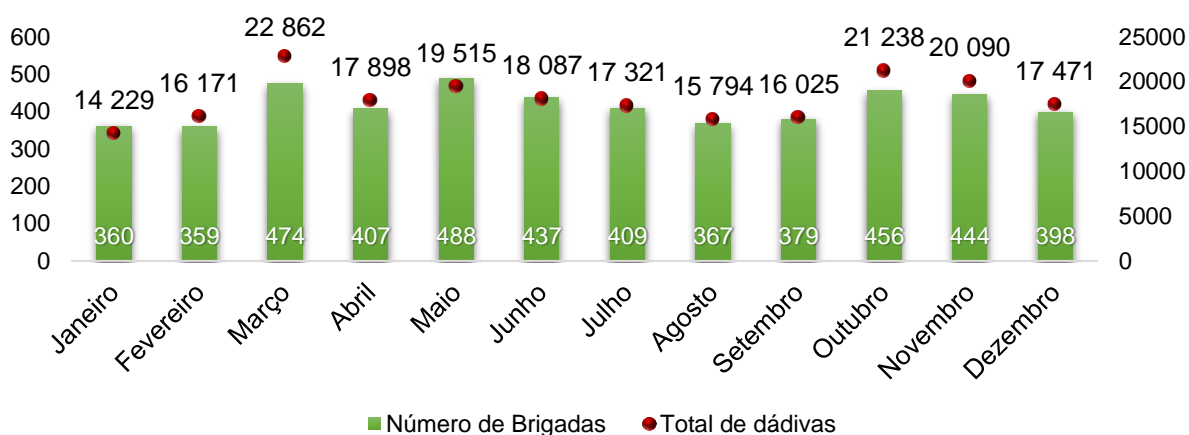


Figura 5.16 - Total de brigadas e respetivo número de dádivas recolhidas por mês.

Na Figura 5.17 é possível observar-se a distribuição mensal de dádivas pelos municípios. Nos meses de janeiro e julho é possível constatar que a distribuição de dádivas é menos dispersa do que nos outros meses. Em agosto regista-se uma subida da percentagem de dádivas no algarve e uma descida em Lisboa, que se pode explicar pelo facto da população se dirigir para sul neste mês. No município de Beja existe também uma subida da percentagem de dádivas de dádivas no mês de setembro. No geral esta é uma distribuição expectável, com diferenças norte/sul e litoral/interior, acompanhando as dinâmicas populacionais do país.



Figura 5.17 - Distribuição mensal de dádivas por município, 2014.

Na Figura 5.18 é possível observar a distribuição das dádivas pelo país, ao nível do município. Lisboa é o município onde foi recolhido o maior número de dádivas (23 633), seguindo-se Santa Maria da Feira e Braga, constatando-se que estes dois últimos registaram um valor semelhante, ambos com cerca de 34% de dádivas a menos que Lisboa.

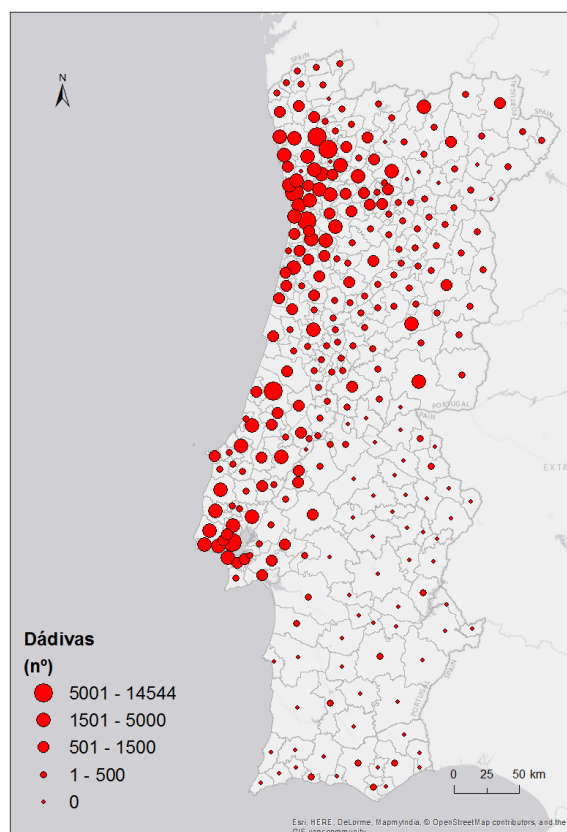


Figura 5.18 - Total de dádivas por município, 2014.

Dos 10 municípios com maior número de dádivas (Figura 5.19) é Lisboa que tem um maior número de dádivas reprovadas com uma taxa de reprovação de 31%. No polo oposto, Barcelos com 15%, tem a menor taxa de reprovação. Estes 10 municípios são responsáveis por 35% das dádivas recolhidas a nível nacional. Alargando um pouco o espectro de pesquisa tem-se que 50% das dádivas foram recolhidas em apenas 21 municípios.

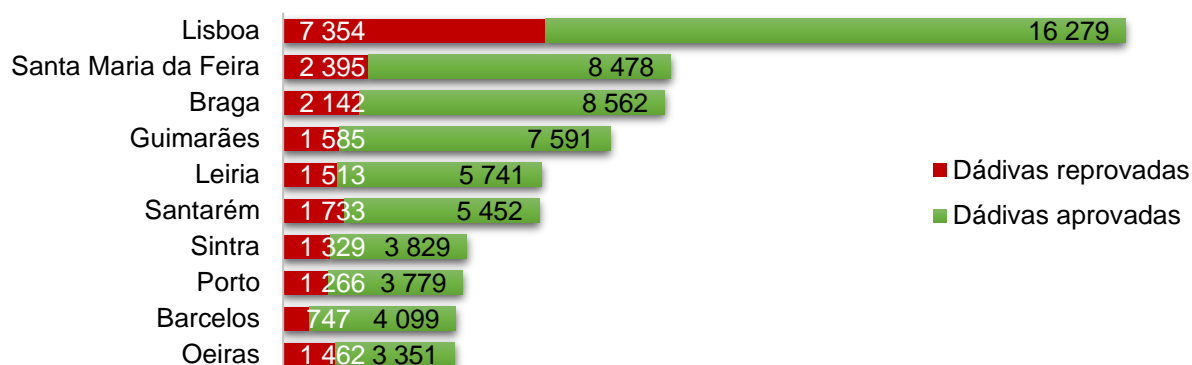


Figura 5.19 - Top 10 de municípios com maior número de dádivas recolhidas.

O município com maior percentagem de dádivas aprovadas foi Vila Nova de Paiva com 100%, mas considera-se que este resultado não seja significativo pois a amostra é diminuta, *i.e.*, apenas foram efetuadas 16 dádivas. O mesmo acontece nos outros municípios considerados pois a média de dádivas do Top 10 de municípios com maior percentagem de dádivas aprovadas (Figura 5.20 e Figura 5.21) é de 74,5 dádivas por município, registando-se o valor mais alto em Torre de Moncorvo.

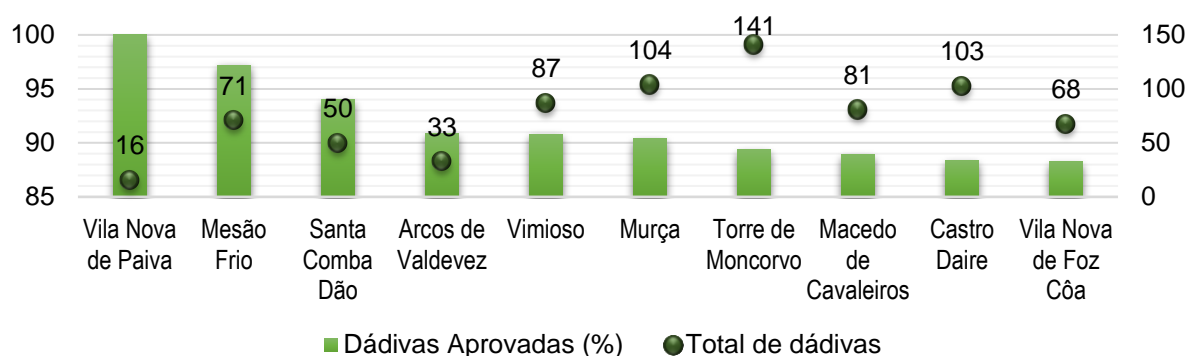


Figura 5.20 - Top 10 de municípios com maior taxa de aprovação e respetivo total de dádivas.

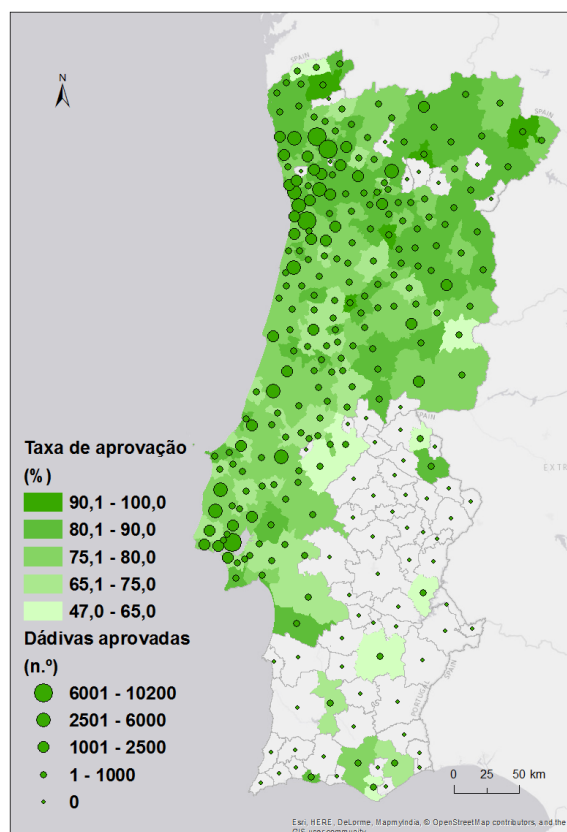


Figura 5.21 - Taxa de aprovação de dívidas por município e respetivo total de dívidas aprovadas, 2014.

No que diz respeito ao *Top 10* de municípios com maior percentagem de dívidas reprovadas (Figura 5.22 e Figura 5.23), Castelo de Vide ocupa o lugar cimeiro com cerca de 53% de reprovações. Mais uma vez este valor não é estatisticamente significativo pois apenas foram recolhidas 17 dívidas de sangue. Neste *Top* vale a pena salientar os municípios de Chamusca, Beja e Abrantes, onde foram recolhidas, respetivamente, 302, 228 e 218 dívidas, valores estes um pouco mais significativos.

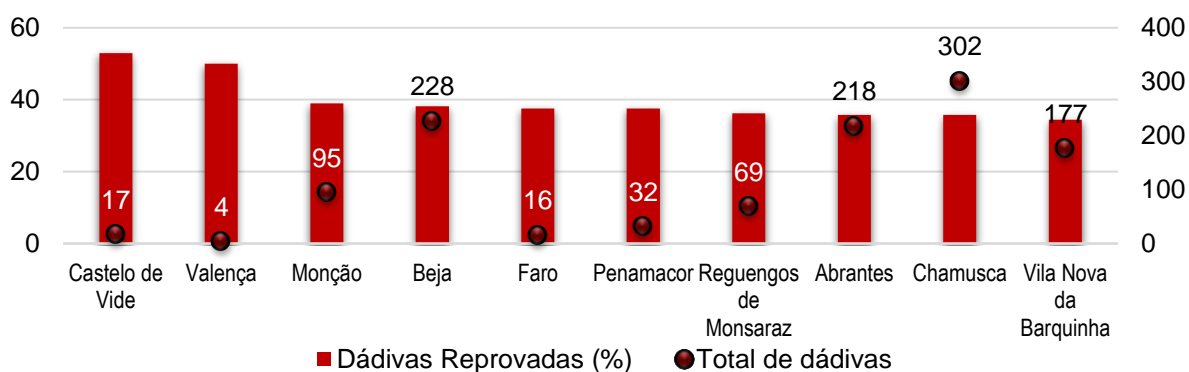


Figura 5.22 - *Top 10* de municípios com maior taxa de reprovação e respetivo total de dívidas.

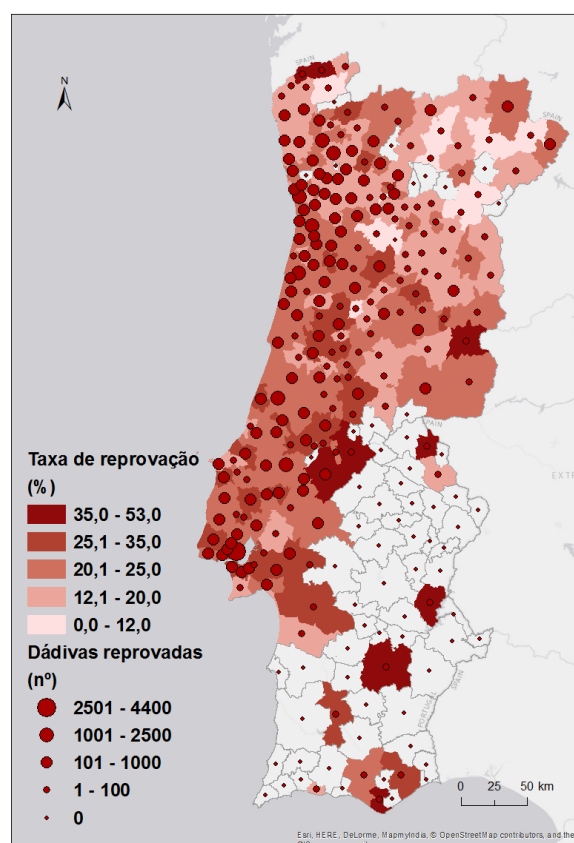


Figura 5.23 - Taxa de reprovação por município e respetivo total de dádivas reprovadas, 2014.

Visando um novo modelo de relacionamento com as associações de dadores foram analisadas as suas estatísticas. As 10 associações com maior número de dádivas recolhidas nas brigadas realizadas (Figura 5.24) representam cerca de 55% das dádivas totais do ano em estudo. As associações que ocupam os três primeiros lugares são o Centro de Sangue e Transplantação de Lisboa, as Promoções feitas em Coimbra e os Hospitais que recolheram 34% das dádivas totais em 2014.

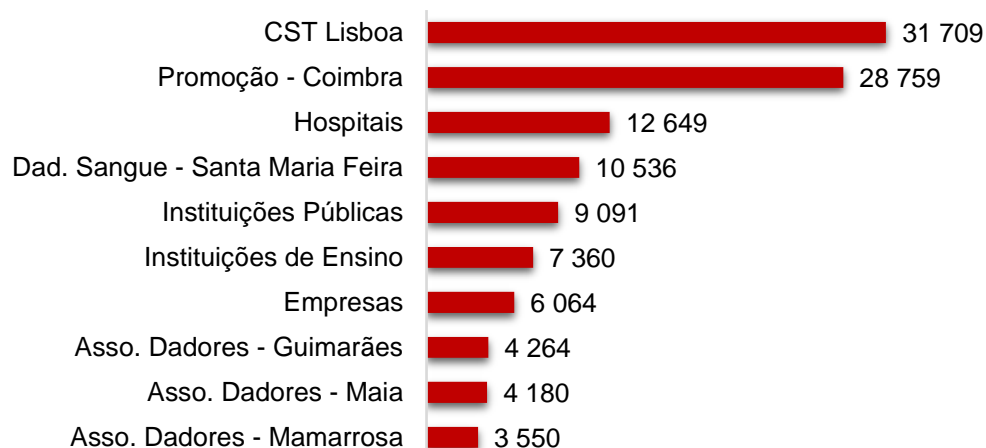


Figura 5.24 - Top 10 de associações de dadores com maior número de dádivas recolhidas.

É também importante saber quais as associações menos eficientes, *i.e.*, que recolheram o menor número de dádivas (Figura 5.25). Neste caso a Sociedade Recreativa Operária de Santarém, o Grupo de Dadores Benévolos de Sangue de Abrã e a Liga dos Amigos dos Bombeiros de Tomar são aquelas que apresentam um menor número de dádivas recolhidas.

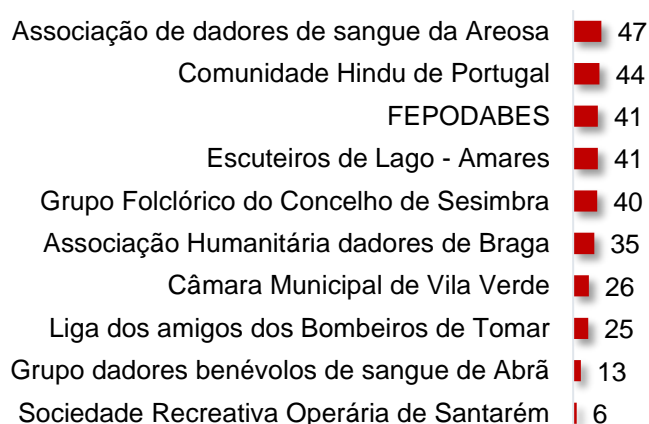


Figura 5.25 - Top 10 de associações de dadores com menor número de dádivas recolhidas.

A associação que ocupa o primeiro lugar no *top 10* de associações com maior taxa de aprovação (Figura 5.26) é a associação de escuteiros de Lago (Amares). Contudo, neste caso apenas foram captadas 37 dádivas. O valor mais expressivo neste *top* é o da associação de Paredes de Coura que ocupa o 10º lugar com cerca de 89% de taxa de aprovação e 342 dádivas recolhidas.

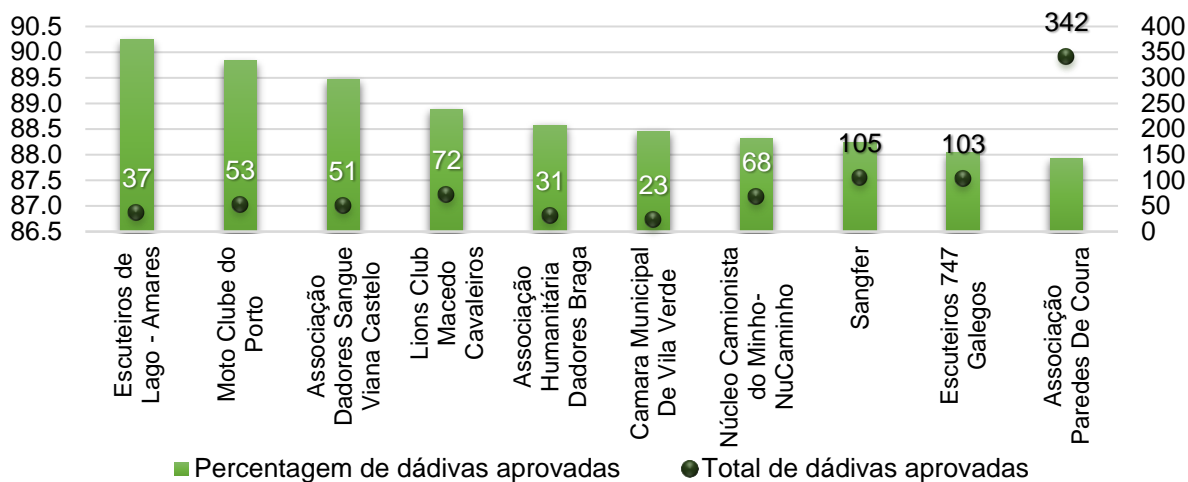


Figura 5.26 - Top 10 de associações com maior taxa de aprovação e respetivo número de dádivas.

Na Figura 5.27 estão as 10 associações de dadores com maior taxa de reprovação. A associação de dadores de sangue de Torres Novas ocupa o primeiro lugar com 71% e 69 dádivas. Em 7º lugar está a associação humanitária de dadores de sangue da freguesia de Tramagal que regista cerca de 36% de taxa de reprovação e o maior número de dádivas 156 dádivas neste top 10.

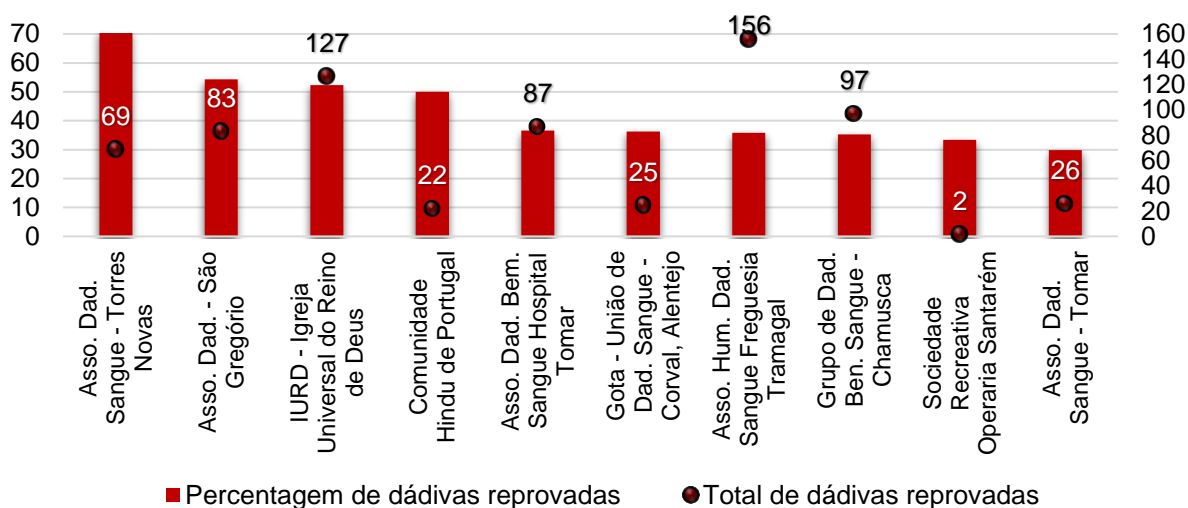


Figura 5.27 - Top 10 de associações com maior taxa de reprovação e respetivo número de dádivas.

Na Figura 5.28 estão as 10 associações de dadores com maior número de brigadas realizadas. O Centro de sangue e transplantação de Lisboa ocupa o 1º lugar com 1133 brigadas

realizadas, com cerca de 23% do total de brigadas, onde em média foram recolhidas 28 dádivas por brigada. De realçar os Hospitais, que ocupam o 3º lugar com a maior média de dádivas por brigada (60). As 10 associações com maior número de brigadas realizadas realizaram cerca de 60% do total de brigadas do ano em estudo.

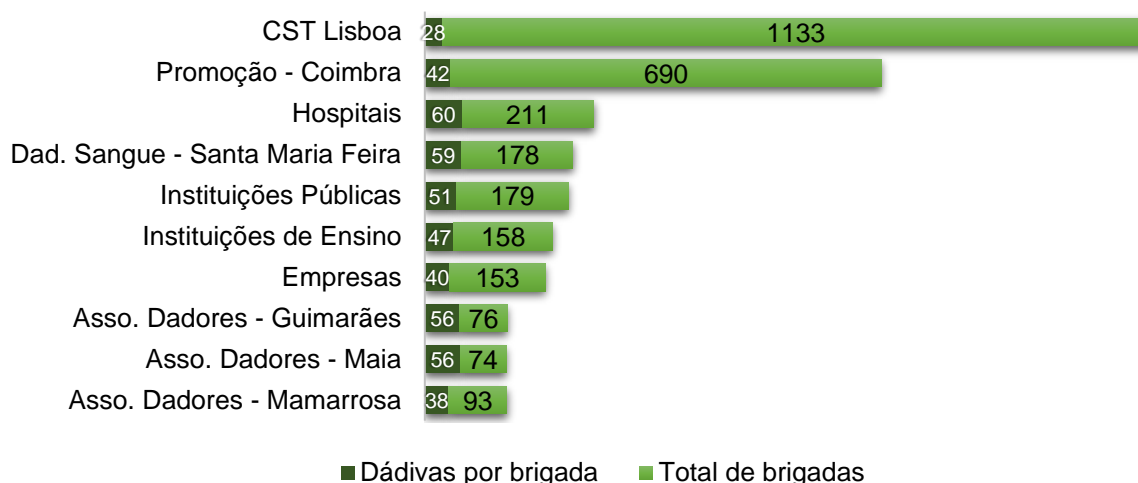


Figura 5.28 - Top 10 de associações com maior número de brigadas realizadas e respetivo número de dádivas por brigada.

Nas Figura 5.29 e Figura 5.30 - Total de brigadas distintas realizadas por município é possível observar que é em Lisboa onde, para além de um maior número de dádivas recolhidas, existiu um maior número de brigadas efetuadas, contabilizando-se 598. Em segundo lugar está Braga contabilizando um total de 201 (menos 397 que Lisboa), seguindo-se de Santa Maria da Feira com 189. Apesar destes números observa-se não ser em Lisboa que as brigadas são mais eficientes, pois aí a média de dádivas por brigada é apenas de 24 e em Vila Real (59), Santa Maria da Feira e Guimarães (ambas com 58), esse número é superior. Nestes concelhos com menos recursos, consegue-se recolher um maior número de dádivas por brigada, o que pode estar relacionado com a localização das brigadas. Deste modo torna-se necessário realizar estudos para saber a eficiência das brigadas e quais os melhores locais para a realização das mesmas.

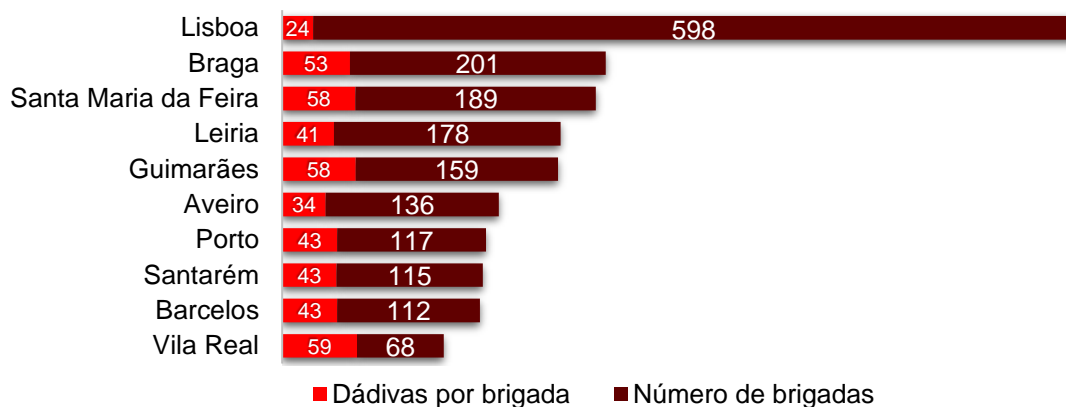


Figura 5.29 - Top 10 de municípios com maior número de brigadas distintas e número de dádivas por brigada.

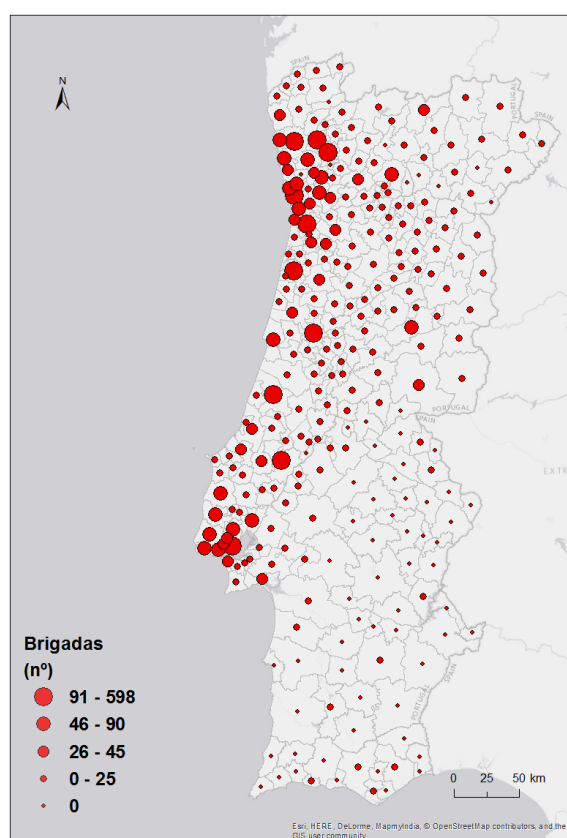


Figura 5.30 - Total de brigadas distintas realizadas por município.

Relativamente aos valores de cada brigada, as mais rentáveis (que recolheram o maior número de dádivas) foram a dos Dadores de Braga, Posto Avançado da Feira e Posto Avançado de Leiria (Figura 5.31). No caso dos “Dadores de Braga”, foram realizadas 124 brigadas, no “Posto Avançado da Feira” 100 e no “Posto Avançado de Leiria” 104. A frequência com que estas brigadas se realizaram pode explicar estes valores. De destacar a brigada “Associação Dadores de Vizela”, realizada em Guimarães, que foi realizada 9 vezes e obteve um total de 1 369 dádivas.

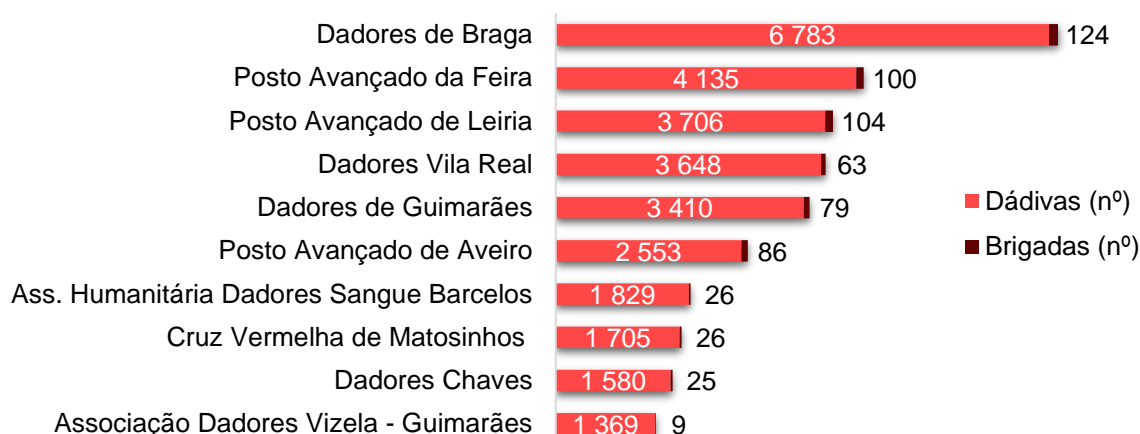


Figura 5.31 - Top 10 de brigadas com maior número de dádivas recolhidas.

Na Figura 5.32 é possível observar que as brigadas mais rentáveis não encontram tradução na rentabilidade a nível municipal. Nestes casos, dividindo o número total de dádivas pelo número de brigadas constata-se que por brigada são recolhidas poucas dádivas, comparativamente a outros locais. Os municípios que efetuaram brigadas com maior rentabilidade são Beja, Lamego e Mirandela com 228, 194 e 177 dádivas por brigada, respetivamente.

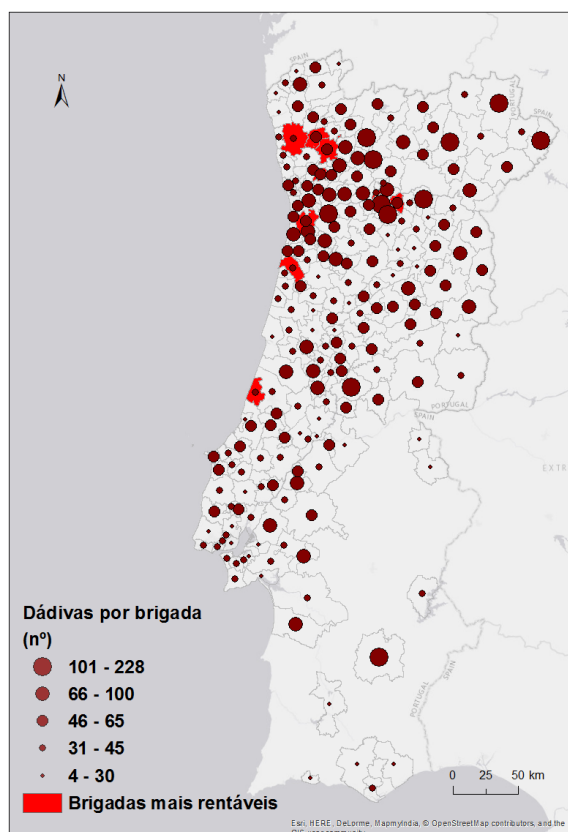


Figura 5.32 - Dádivas por brigada e por municípios e municípios onde se localizam as 10 brigadas onde foi recolhido um maior número de dádivas.

5.2 ANÁLISE DE POTENCIAL

A regressão linear é uma técnica estatística que permite modelar relações entre várias variáveis determinando a equação da reta que as descreve. O primeiro modelo de regressão foi o método dos quadrados mínimos, publicado em 1805 por Adrien-Marie Legendre. Com esta técnica é possível medir o grau de dependência que a variável “Y” (dependente) apresenta em relação à variável independente “X” (Ebdon, 1985). Considerando α o intercepto, *i.e.*, o valor que a variável dependente assume quando todas as independentes têm o valor de zero, X_1, X_2, \dots, X_p as variáveis independentes e $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ os coeficientes de regressão, então a equação da variável dependente Y expressa-se por:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p \quad (5.3)$$

Escolhidas as variáveis, procedeu-se à normalização das mesmas, para que as diferenças nas unidades não influenciem os resultados. Posteriormente foram feitas correlações de Pearson de modo a eliminar as variáveis colineares (Figura 5.33 e Quadro 5.1), ou seja, altamente correlacionadas, dado que estas podem provocar deturpações nos resultados da regressão. Salienta-se que um valor do coeficiente de correlação elevado apenas indica a tendência que as variáveis apresentam quanto à sua variação conjunta, não implicando uma relação de causa e efeito (Naghetini e Pinto, 2007). O método utilizado na regressão foi o método *enter* que utiliza todas as variáveis independentes escolhidas.

Variável dependente:	V9)	População com ensino secundário %
V1) Total de dívidas por concelho (Nº)	V10)	População com ensino pós-secundário/superior %
Variáveis independentes:		
V2) População residente com idade para dar sangue (Nº)	V11)	Trabalhadores do setor primário (%)
V3) Poder de compra <i>per capita</i>	V12)	Trabalhadores do setor secundário (%)
V4) Brigadas (Nº)	V13)	Trabalhadores do setor terciário (%)
V5) População que estuda/trabalha no município	V14)	População empregada (%)
	V15)	População desempregada (%)
V6) Taxa de reprovação (%)	V16)	Novos dadores (%)
V7) População com nenhum nível de escolaridade %	V17)	Dadores regulares (%)
V8) População com ensino básico %		

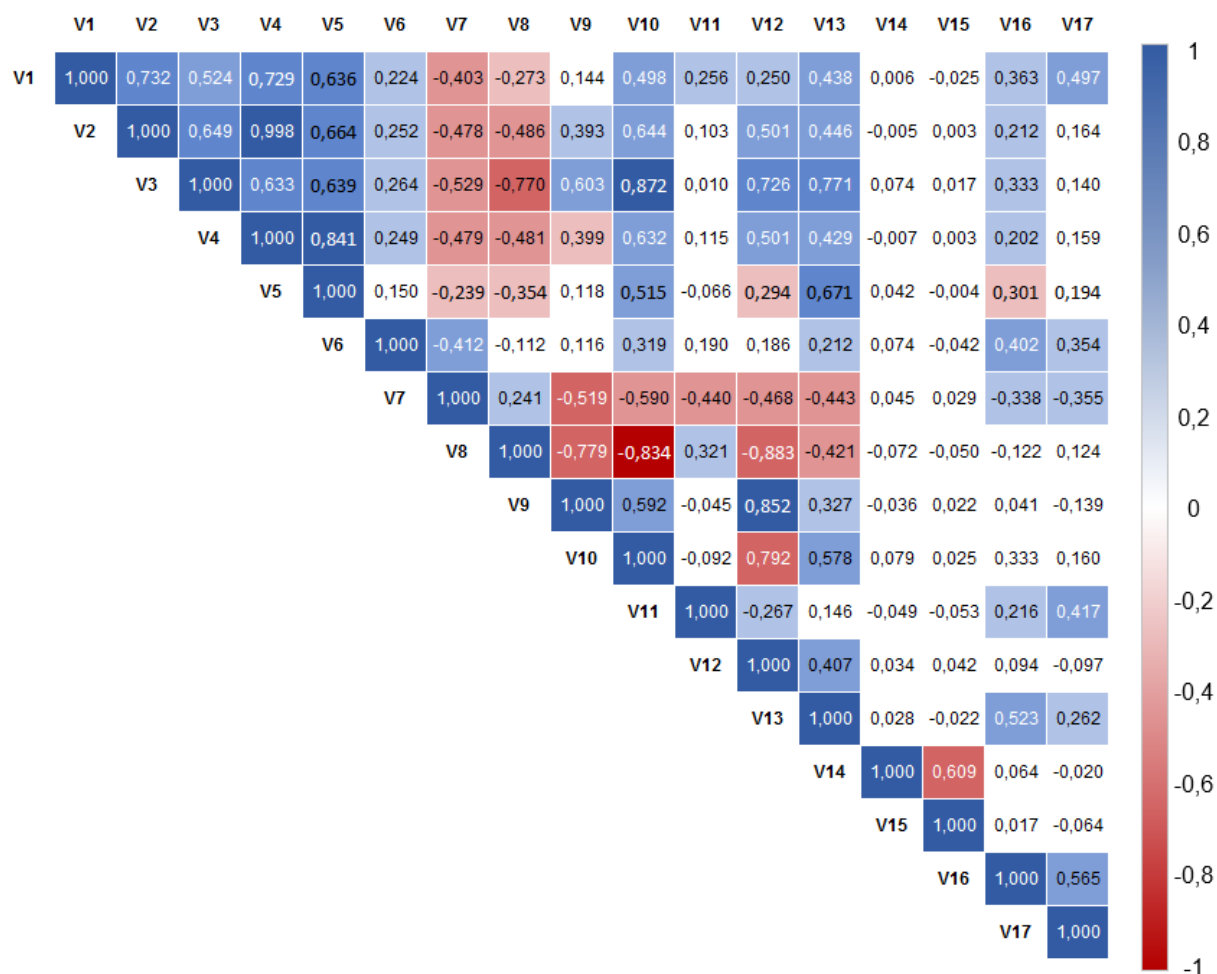











Figura 5.33 - Resultados das correlações de Pearson efetuadas.

Quadro 5.1 - Interpretação dos valores das correlações. (Hinkle et al., 2003)

Cor	Intervalo	Interpretação
	]0,8 , 1]	Muito alta positiva
	]0,6 , 0,8]	Alta positiva
	]0,4 , 0,6]	Moderada positiva
	]0,2 , 0,4]	Baixa positiva
	]0,2 , 0,2]	Nula
	]0,4 , -0,2]	Baixa negativa
	]0,6 , -0,4]	Moderada negativa
	]0,8 , -0,6]	Alta negativa
	]1 , -0,8]	Muito alta negativa

O coeficiente de determinação (R^2) avalia a proporção da variância da variável dependente Y que é explicada pelas variáveis independentes X_i (Saldiva e Alvarenga, 2003). O R^2 varia entre 0 e 1 e quanto mais próximo de 1, maior a validade da regressão. Na prática, não é expectável encontrar uma correlação perfeita ($R^2=1$) pois existem muitos fatores que influenciam o comportamento de uma variável. Considerando V_e a Variação explicada de Y e V_t a Variação total de Y , o Coeficiente de determinação (R^2) expressa-se por:

$$R^2 = \frac{V_e}{V_t} \quad (5.4)$$

Uma vez que é possível aumentar o valor do R^2 acrescentando-se mais variáveis independentes ao modelo, utiliza-se preferencialmente o valor do R^2 ajustado, que não é influenciado (não aumenta) pela inclusão de mais variáveis.

Sendo n o tamanho da amostra e k o número de variáveis independentes, a equação do R^2 ajustado é dada por:

$$R_a^2 = 1 - \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - k} \quad (5.5)$$

O R^2 ajustado da regressão é de 0,934 o que significa que as variáveis independentes escolhidas explicam 93,4% da variável dependente. Este valor é considerado muito bom.

De acordo com os coeficientes b e $beta$ (β) da regressão, é possível constatar quais as variáveis mais importantes na regressão (Quadro 5.2). Os coeficientes $beta$ encontram-se normalizados, para ser possível comparar em igualdade de circunstâncias variáveis medidas em diversas unidades. Esta normalização obtém-se multiplicando os coeficientes b pela razão entre o desvio-padrão da variável independente e o desvio-padrão da variável dependente. A variável $V4$ – número de brigadas realizadas – é a variável com uma maior importância na explicação da variável dependente sendo que a variável $V5$ – População que estuda/trabalha no município – ocupa o segundo lugar, mas com um valor negativo, o que significa que quanto maior este valor, menor o valor da variável dependente. A variável $V14$ – percentagem de população empregada – é a que menos influencia no número de dívidas recolhidas.

Com os coeficientes resultantes da regressão, é possível obter a equação da reta da regressão. Neste caso foram utilizados os valores dos coeficientes beta e como tal o valor do intercepto não entra na equação:

$$Y = 0,167 \times V2 + 0,061 \times V3 + 1,152 \times V4 - 0,506 \times V5 - 0,045 \times V6 + 0,094 \times V7 + 0,183 \times V8 + 0,045 \times V9 + 0,092 \times V10 + 0,017 \times V11 + 0,013 \times V12 - 0,056 \times V13 + 0,007 \times V14 + 0,026 \times V15 + 0,012 \times V16 + 0,100 \times V17 \quad (5.6)$$

Quadro 5.2 - Coeficientes da regressão.

Modelo	Coeficientes	
	B	β
<i>Intercepto</i>	0,470	
<i>V2) População residente com idade para dar sangue (Nº)</i>	0,167	0,167
<i>V3) Poder de compra per capita</i>	0,061	0,061
<i>V4) Brigadas (Nº)</i>	1,152	1,152
<i>V5) População que estuda/trabalha no município</i>	-0,506	-0,506
<i>V6) Taxa de reprovação (%)</i>	-0,045	-0,045
<i>V7) População com nenhum nível de escolaridade %</i>	0,093	0,093
<i>V8) População com ensino básico %</i>	0,183	0,183
<i>V9) População com ensino secundário %</i>	0,045	0,045
<i>V10) População com ensino pós-secundário/superior %</i>	0,092	0,092
<i>V11) Trabalhadores do setor primário (%)</i>	2,177	0,017
<i>V12) Trabalhadores do setor secundário (%)</i>	1,409	0,013
<i>V13) Trabalhadores do setor terciário (%)</i>	4,261	0,056
<i>V14) População empregada (%)</i>	0,007	0,007
<i>V15) População desempregada (%)</i>	0,026	0,026
<i>V16) Novos dadores (%)</i>	0,012	0,012
<i>V17) Dadores regulares (%)</i>	0,100	0,100

Com esta análise é possível comparar os valores observados com os valores esperados. À diferença entre estes dois valores dá-se o nome de resíduos, os quais, quando negativos demonstram que o valor de número de dádivas recolhidas em certo município ficou abaixo do expectável e quando positivos indicam que os valores foram mais elevados do que o esperado. Municípios com resíduos negativos elevados representam os locais com maior potencial de dádiva de dádivas, onde se devem alocar mais recursos ao nível da sensibilização. Estes municípios são, por ordem decrescente, Coimbra, Figueira da Foz, Sintra, Aveiro, Lisboa e

Vizela. Os municípios que ficaram acima das expectativas são, por ordem decrescente, Porto, Santa Maria da Feira, Braga, Guimarães, Gondomar e Lamego, todos no norte do país. Comparando com a Figura 5.11, é possível constatar que introduzindo outras variáveis os municípios com maior potencial são diferentes.

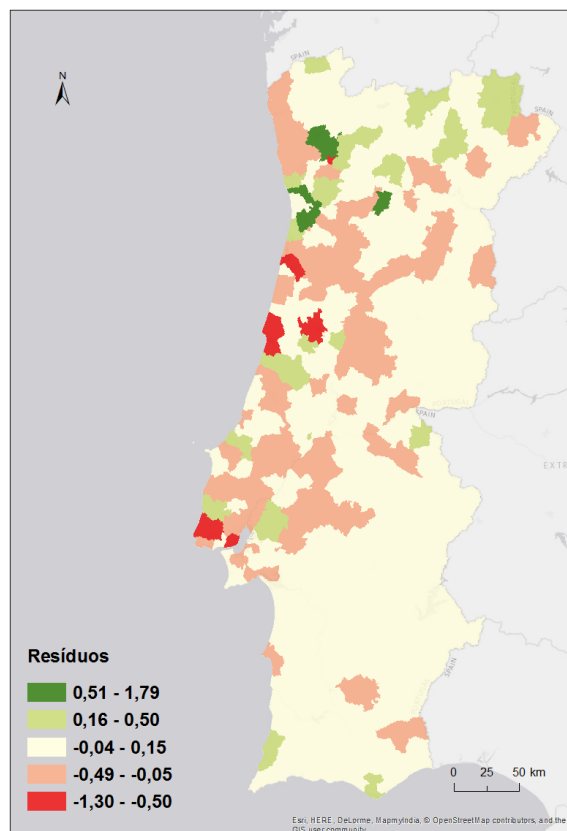


Figura 5.34 - Resíduos da regressão múltipla.

5.3 ANÁLISE DE DENSIDADES

5.3.1 Índice de Moran

O índice de Moran (I) é uma das estatísticas de autocorrelação espacial mais usadas para procurar padrões entre os atributos. O valor deste índice varia entre 1 e -1 e é positivo quando áreas próximas tendem a ter atributos semelhantes (padrão concentrado), negativo quando existem valores altos próximos de valores baixo (padrão disperso) e aproximadamente zero quando os atributos estão distribuídos de maneira aleatória (Longley et al., 2011). Se o valor observado de I for maior que o valor esperado, então os valores dos atributos são autocorrelacionados positivamente, se o valor observado de I for menor que o esperado então são autocorrelacionados negativamente (Paradis, 2011).

Os valores *z-scores* e *p-values* que as ferramentas de análise retornam são utilizados para verificar se existe significância estatística nas observações, caso contrário verifica-se a hipótese nula, de que as observações não estão distribuídas num padrão aleatório. Os *p-values* são uma medida de probabilidade e servem para medir se o padrão espacial observado é aleatório, ou seja, quando o *p-value* é muito pequeno significa que a probabilidade de ocorrência é muito pequena, sendo então possível rejeitar a hipótese nula. Os *z-scores* são desvios padrões e tanto os *z-scores* como os *p-values* estão associados a uma distribuição normal (Figura .35).

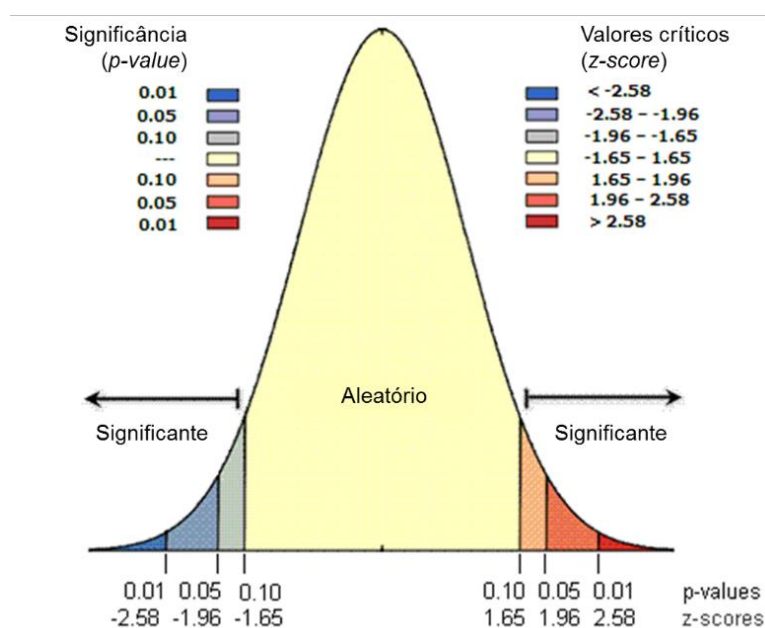


Figura 5.35 - Distribuição normal dos *p-values* e *z-scores* (ArcGIS help).

Foi calculado o índice de Moran para os municípios, utilizando o número de dádivas recolhidas (Quadro 5.3). Analisados os valores, observa-se um valor de cerca de 0,32, que fica acima do índice esperado indicando uma autocorrelação positiva. O valor do *p-value* permite rejeitar a hipótese nula e o *z-score* elevado reforça a autocorrelação positiva.

Quadro 5.3 - Resultado da análise do índice de Moran.

<i>Atributo analisado</i>	Municípios – dádivas (nº)
<i>Método</i>	<i>Inverse distance</i>
<i>Índice de Moran</i>	0,317584
<i>Índice esperado</i>	-0,003610
<i>Z-score</i>	11,745023
<i>P-value</i>	0,000000

5.3.2 Análise de *hot spots* (Getis-Ord G_i^*)

Outra das metodologias utilizada foi a estatística espacial *Getis-Ord G_i^** para identificar *clusters* espaciais com altos valores (*hot spots*) e baixos valores (*cold spots*).

O resultado desta análise atribui um *z-score* e um *p-value* a cada município. Estes valores representam a significância dos valores de *clustering*. Um elevado *z-score* e um baixo *p-value* indicam um *cluster* espacial de valores elevados (*hot spot*), por sua vez, um *z-score* baixo negativo e um baixo *p-value* indicam um *cluster* espacial de valores baixos (*cold spot*). Um *z-score* perto de zero indica que não existe um *cluster* espacial aparente.

Feita esta análise ao município, existem 170 municípios que são estatisticamente significantes, isto é, que com um intervalo de confiança entre 90 e 99% representam *hot spots* e *cold spots*. Os clusters espaciais altos concentram-se na área metropolitana de Lisboa (AML), na área do Oeste e a norte na área metropolitana do Porto (AMP), Guimarães, Barga e Viana do Castelo (Figura 5.36).

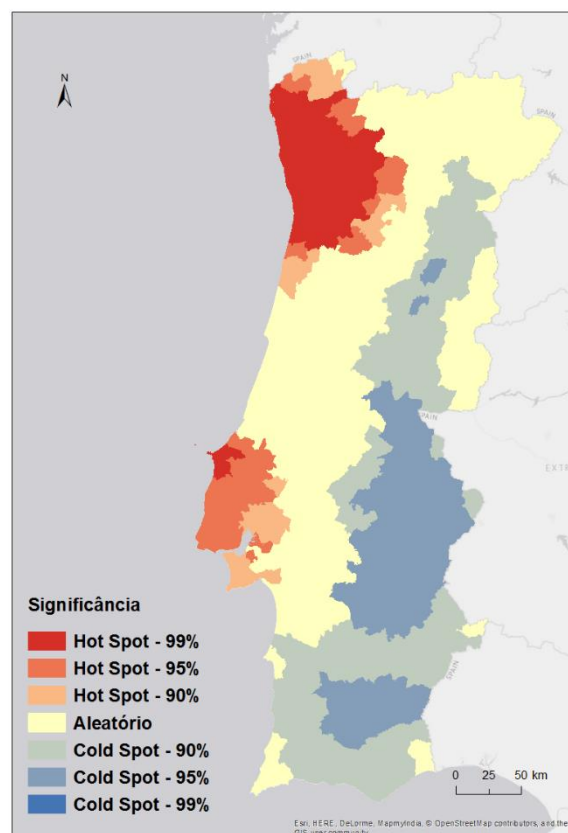


Figura 5.36 - Clusters espaciais.

5.3.3 Densidade de *Kernel*

A densidade de *Kernel* é uma técnica que usa a localização de pontos para estimar curvas de densidade, i.e. a intensidade pontual de determinado fenómeno (Pfeiffer, 1996). Os valores da superfície gerada são mais elevados junto aos pontos existentes e vão diminuindo à medida que se afastam dos mesmos. Segundo Gatrell *et al.* (1996), a equação de *Kernel* é definida por:

$$I(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{r^2} k\left(\frac{s - s_i}{r}\right) \quad (5.7)$$

Em que:

I : Intensidade;

S_i : localização;

k : função de ponderação;

r : raio da área de influência de uma determinada localização;

Para esta análise foram utilizadas, em primeira instância, as localizações das brigadas móveis e posteriormente as localizações dos centros de dádiva de sangue localizados em postos fixos (Figura 5.37).

O primeiro passo da análise passa pela definição dos parâmetros que vão ser utilizados, mais precisamente a definição do raio de influência. Neste caso foi utilizado um raio adaptável a cada situação, sendo maior quando a distribuição espacial é mais espaçada (postos fixos) e menor quando mais concentrada (brigadas móveis).

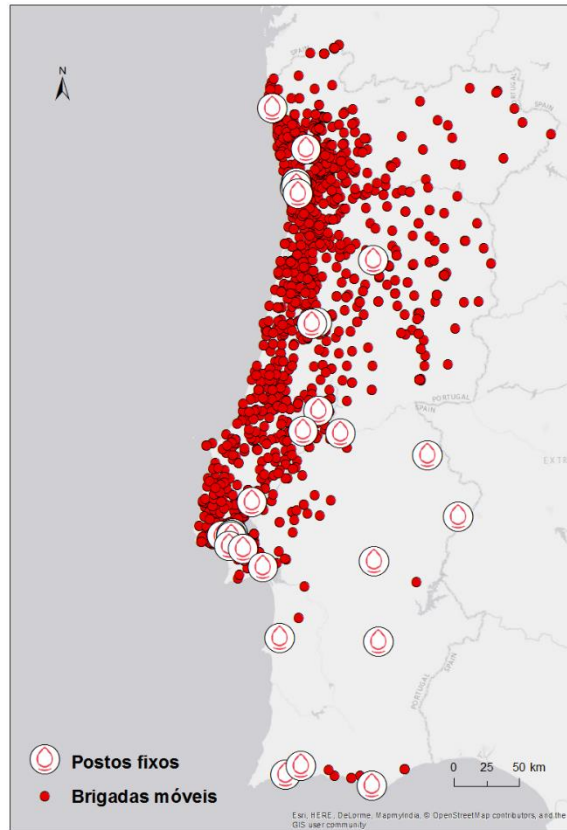


Figura 5.37 - Postos fixos e brigadas móveis.

Neste sentido é calculado o Índice de vizinho mais próximo (NNI), que permite identificar o padrão da amostra. Quanto mais próximo de 0 estiver o valor obtido, mais concentrada é a distribuição, um valor de 1 revela uma concentração aleatória e um valor de 2,15, significa que a distribuição é dispersa de forma regular (Figura 5.38). Considerando \bar{d}_{esp} o valor médio esperado da distância entre os vizinhos mais próximos e \bar{d}_{obs} o valor médio observado da distância entre os vizinhos mais próximos, então:

$$NNI = \frac{\bar{d}_{obs}}{\bar{d}_{esp}} \quad (5.8)$$

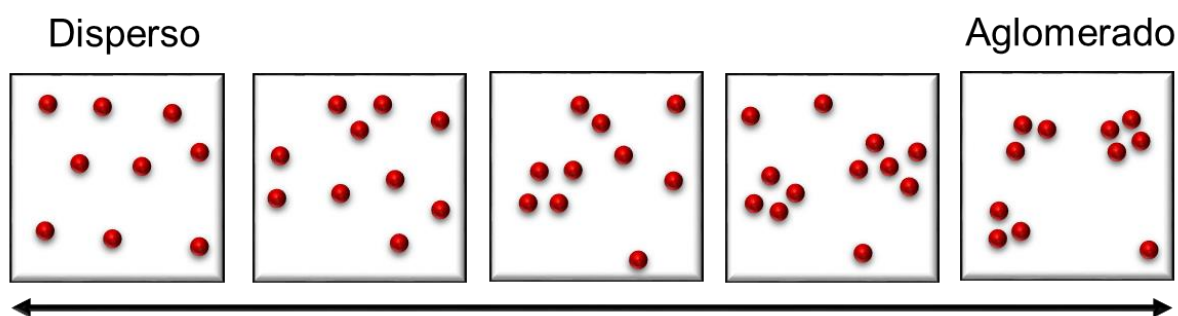


Figura 5.38 - Diferenciação entre Dispersão e Aglomeração.

O índice de vizinho mais próximo da distribuição das brigadas móveis é de 0,46 e da distribuição dos postos fixos de dádiva é de 0,79, o que indica que a distribuição é mais aglomerada no primeiro caso.

Calculadas as distâncias máximas e médias entre vizinhos para garantir que na análise cada ponto tenha pelo menos um vizinho (Figura 5.39), utilizam-se estes parâmetros para realizar uma autocorrelação espacial entre os diversos pontos representantes dos postos fixos/brigadas móveis, relacionando cada distância a um z-score e observando a que distâncias estão os maiores picos de declive. No pico máximo encontra-se a distância que irá servir de raio de influência.

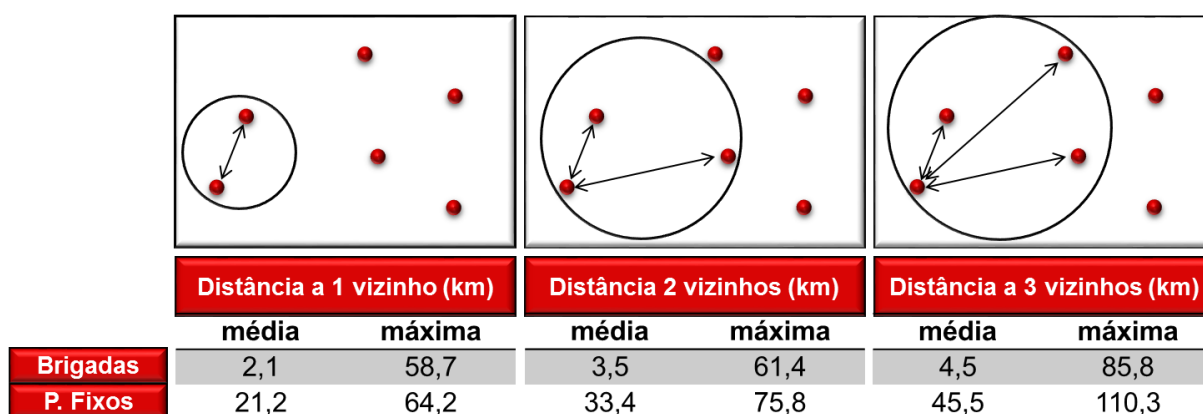


Figura 5.39 - Método para se obter a distância máxima de modo a garantir 1 vizinho.

Os picos máximos observados das distribuições das brigadas móveis e postos fixos foram de 69,4 km e de 170,3 km, respectivamente (Figura 5.39). Estes são os valores definidos para o raio na análise da densidade de *Kernel*.

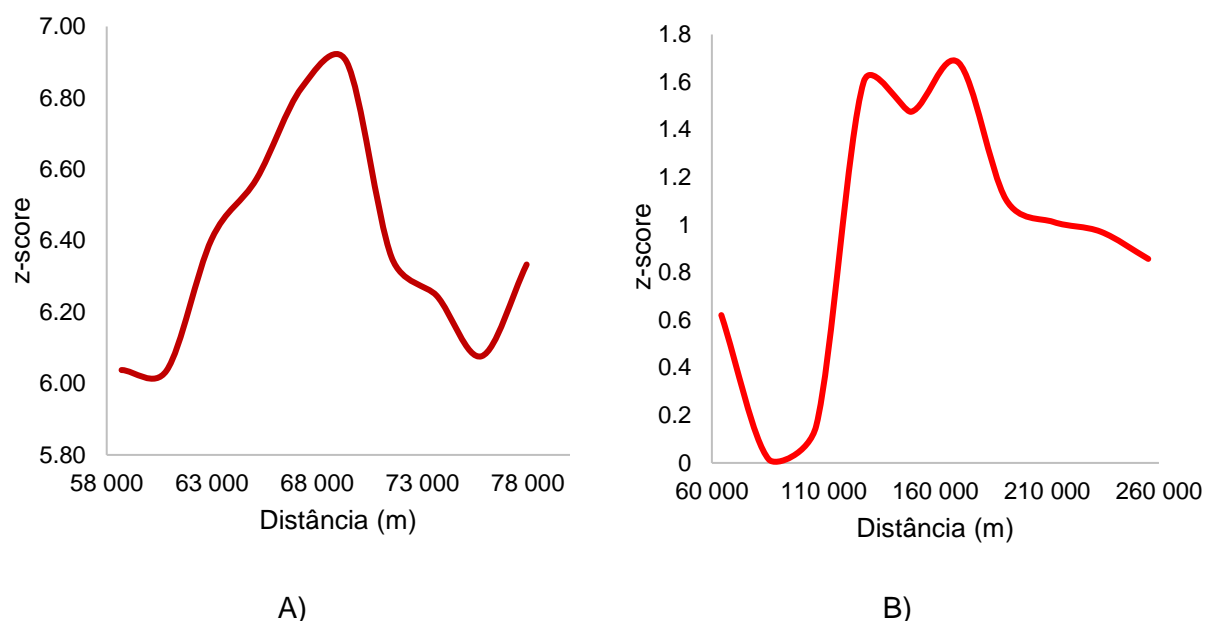


Figura 5.40 - Pico máximo para as brigadas móveis (A) e para os postos fixos (B).

Efetuada esta análise, observa-se que relativamente às brigadas móveis efetuadas existem dois focos de densidade, nas áreas metropolitanas do Porto e de Lisboa, e na faixa litoral entre estas duas áreas, sendo estes os locais com mais população (Figura 5.41A). As áreas do interior e sul registam densidades muito baixas, devido ao facto de não terem sido realizadas quase nenhuma brigadas móveis. Quanto à densidade de postos fixos (Figura 5.41B), esta é maior nas áreas perto de Lisboa, apresentado uma distribuição mais dispersa com densidades baixas por todo o território, enfatizando o facto de ser necessário e mais rentável alocar recursos em mais postos fixos que cubram uma maior extensão do território.

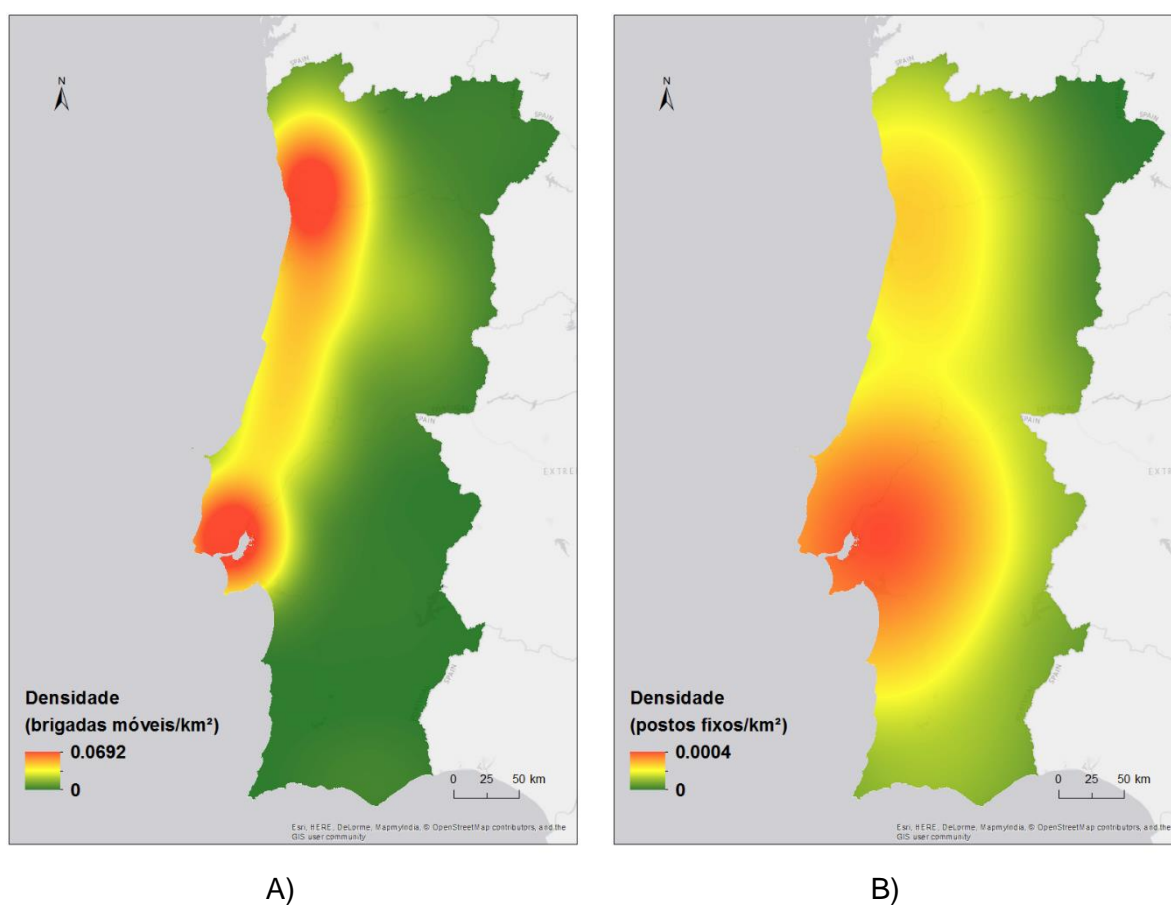


Figura 5.41 - Densidade de *Kernel* para as brigadas móveis (A) e para os postos fixos (B).

5.4 ÁREAS DE INFLUÊNCIA

Para análise das áreas de influência dos centros de dádiva de sangue localizados em postos fixos, para efeitos de redistribuição de recursos, foram utilizadas diversas metodologias:

- 5.4.1 Análise das áreas de influência oficiais;
- 5.4.2 Análise das áreas de influência por distância, em quilómetros;
- 5.4.3 Análise das áreas de influência pela rede viária através da distância, em minutos;
- 5.4.4 Análise das áreas de influência através do modelo de Huff.

5.4.1 Áreas de influência oficiais

Cada hospital tem uma área de influência oficial, sendo que alguns municípios podem ser estar afetos a mais do que um hospital (Figura 5.42).

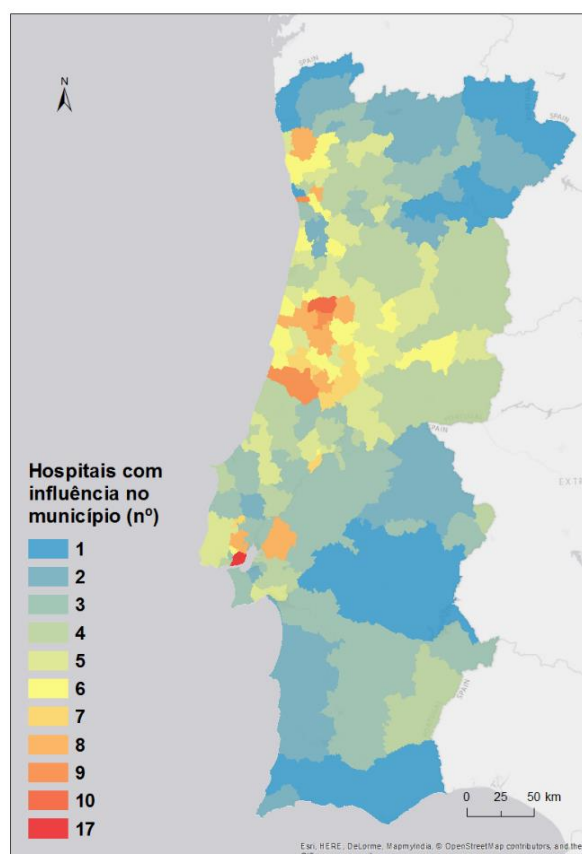


Figura 5.42 - Número de hospitais com influência em cada município de Portugal Continental.

O primeiro passo desta análise foi a delimitação das áreas de influência oficiais dos centros de dádiva que se localizam em hospitais (Figura 5.43). Esta informação está disponível nos relatórios da ERS.

Nestes municípios é possível fazer 5 tipos de análises (Quadro 5.4):

1. Análise da população residente;
2. Análise da população residente com idade para ser dador de sangue;
3. Análise da população residente com idade para ser dador pela primeira vez;
4. Análise da população residente em áreas urbanas, utilizando informação existente na Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental (COS) referente às áreas urbanas com a população por subsecção (cartografia dasimétrica);
5. População que estuda ou trabalha nos municípios (movimentos pendulares).

No total, a área de influência destes postos fixos abrange 58% dos municípios de Portugal Continental num total de 161 municípios. Destes municípios ficam excluídos municípios como

Braga, Matosinhos e Guimarães com 116 926, 109 447 e 100 747 residentes com idade para serem dadores de sangue, respetivamente.

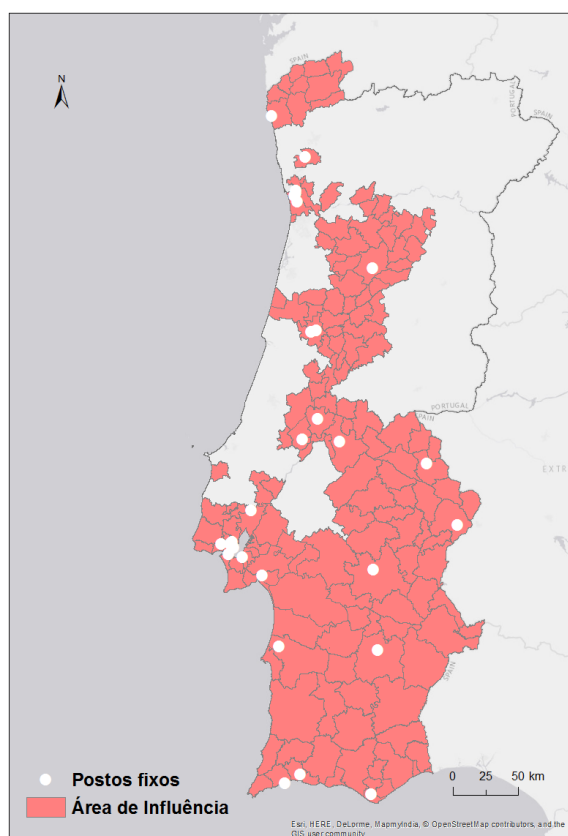


Figura 5.43 - Municípios abrangido pelas áreas de influência dos centros de dádiva de sangue fixos localizados em hospitais.

Quadro 5.4 - Diferenças entre a população residente, residente em áreas urbanas e que estuda/trabalha nos municípios abrangidos pelas áreas de influência dos centros de dádiva fixos localizados em hospitais.

	População (nº)
População residente	6 354 713
População residente com idade para ser dador de sangue	3 699 497
População residente com idade para ser dador pela primeira vez	3 305 833
População residente em áreas urbanas	4 294 816
População que estuda/trabalha no município	1 191 685

5.4.2 Áreas de influência por raio de distância

Neste ponto, foram analisados quais os municípios que estão localizados a uma determinada distância dos postos fixos de dádiva de sangue (Figura 5.44). Num raio de 5, 10 e 15 km estão localizados, respetivamente, 46, 87 e 117 municípios. A última classe, a dos que estão a 15 km, representa 42% dos municípios de Portugal Continental.

Desta seleção ficam excluídos por estarem a mais de 15 km de um posto fixo de dádiva de sangue, municípios como Leiria, Aveiro e Penafiel com 77 394, 47 676 e 45 207 residentes com idade para serem dadores de sangue, respetivamente. Estes são municípios que ocupam lugares elevados no que diz respeito a residentes com idade para dar sangue.

Como observado no Quadro 5.5, nos municípios que se localizam a uma distância de 15km dos centros de dádiva, residem 4 195 062 pessoas com idade para dar sangue, sendo que este número representa cerca de 71% do total. De notar que nos municípios que se localizam a 5km residem 48,5% dos habitantes com idade para ser dador.

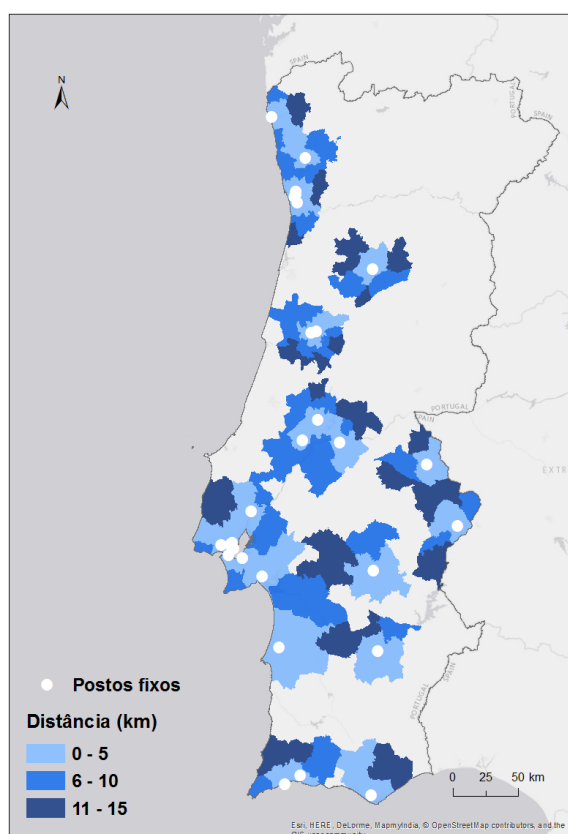


Figura 5.44 - Municípios abrangidos a 5, 10 e 15 km de um posto fixo.

Quadro 5.5 - População residente, população residente com idade para dar sangue e população residente com idade para dar sangue pela 1ª vez por classe de distância.

	<i>Distância (km)</i>		
	Até 5	Até 10	Até 15
<i>População residente</i>	4 871 649	6 445 397	7 070 986
<i>População residente com idade para dar sangue</i>	2 868 168	3 823 611	4 195 062
<i>População residente com idade para dar sangue pela 1ª vez</i>	2 560 793	3 420 855	3 757 054

Os municípios pertencentes aos distritos de Leiria, Aveiro, Braga, Vila Real, Bragança, Guarda, Castelo Branco e Beja são os que se localizam mais longe dos centros de dádiva de sangue localizados em postos fixos.

5.4.3 Áreas de influência através da rede viária

Outro modo de definir áreas de influência é utilizar o tempo como custo, em vez da distância (Figura 5.45). Neste caso, foram utilizadas as distâncias de 30, 60 e mais de 60 minutos de tempo de viagem pela rede viária (*drive time*) criando isócronas. Estas – as Isócronas – são linhas que, dado um local ou instalação, unem pontos com o mesmo tempo de viagem desde esse local (Brainard et al., 1997). A superfície das isócronas é composta por áreas que estão entre uma determinada distância.

A área da superfície que está entre 0 e 30 minutos é de 37 863 km², cobrindo cerca de 42% do território nacional continental. Entre 31 e 60 minutos a área é de 34 574 km² e a mais de 60 minutos é de 16 652 km².

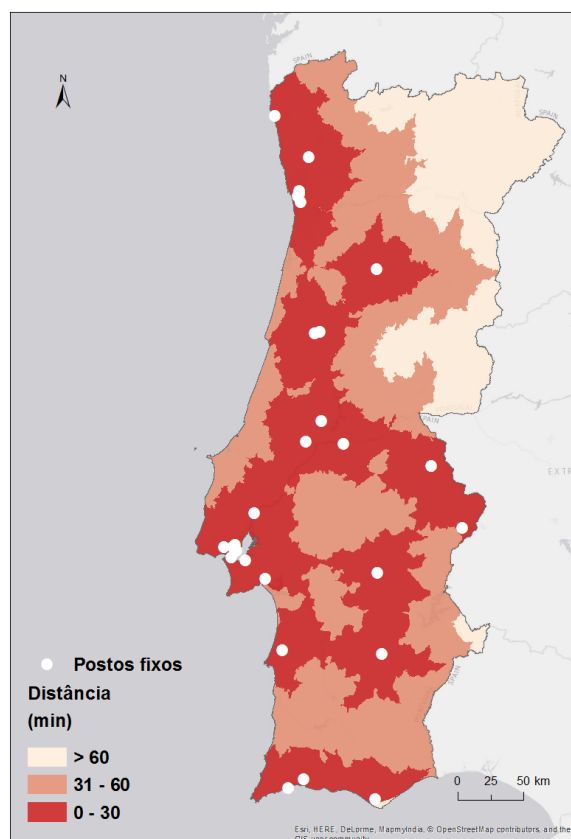


Figura 5.45 - Tempo de viagem desde os centros de dádiva de sangue fixos.

Observando os resultados deste método (Quadro 5.6), conclui-se que a uma distância de 30 minutos dos centros de dádiva de sangue fixos, residem 8 182 602 habitantes, 82% da população. A população foi contabilizada através de informação disponível à subsecção estatística, com uma soma proporcional. Os municípios que se localizam a uma distância maior do que 60 minutos estão localizados maioritariamente a NE e contabilizam-se em 28⁸.

Quadro 5.6 - População residente e urbana a 30, 60 e mais de 60 minutos de um posto fixo de dádiva de sangue .

	<i>Até 30 min</i>	<i>31 a 60 min</i>	<i>Mais de 60 minutos</i>
<i>População residente</i>	8 182 602	1 487 035	377 999
<i>População residente em áreas urbanas</i>	8 039 217	1 425 535	366 744

⁸ Barrancos, Alfândega da Fé, Bragança, Carrazeda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Torre de Moncorvo, Vila Flor, Vimioso, Vinhais, Covilhã, Fundão, Idanha-a-Nova, Penamacor, Pampilhosa da Serra, Figueira de Castelo Rodrigo, Sabugal, Alijó, Boticas, Chaves, Montalegre, Murça, Valpaços, São João da Pesqueira e Tabuaço.

5.4.4 Áreas de Influência através do Modelo de Huff

Para uma melhor compreensão das áreas de influência e poder de atratividade dos centros de dádiva de sangue foi aplicado o modelo gravitacional de Huff. Neste modelo é calculada a probabilidade dos consumidores (neste caso, dadores) se deslocarem a um posto fixo de dádiva de sangue. Com estas probabilidades é calculado o potencial de cada localização e são geradas as áreas de influência (Figura 5.46).

O fator de atratividade utilizado foi o número de horas, por mês, em que é possível dar sangue em determinado centro e o potencial utilizado foi o número de residentes com idade para dar sangue. Para se definirem estas áreas de influência, foi necessário identificar, para cada município, qual o posto fixo com uma probabilidade mais elevada.

Observando as áreas de influência dos centros de dádiva localizados em postos fixos é evidente a área de 4 postos fixos foi absorvida por postos vizinhos, provocando uma “canibalização” da cota de mercado. Os postos cuja área de influência foi absorvida são o Hospital Dona Estefânia e o Hospital Santa Maria, em Lisboa, e o Hospital Santo António e o IPO, na cidade do Porto.

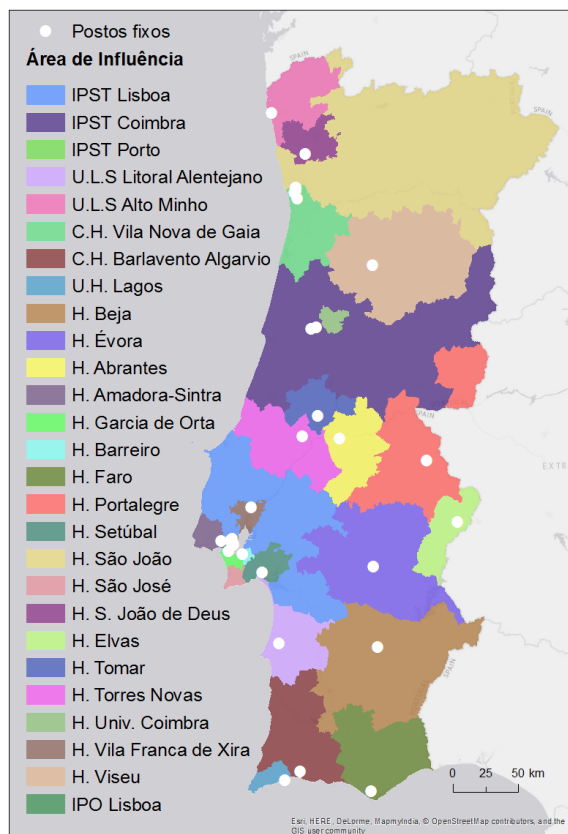


Figura 5.46 - Áreas de Influência através do modelo de Huff.

Para uma visão mais completa destas áreas de influência é necessário incluir a população com idade para ser dador de sangue e por isso foi feita a divisão desse valor pela área, obtendo-se a densidade por área de influência (Figura 5.47).

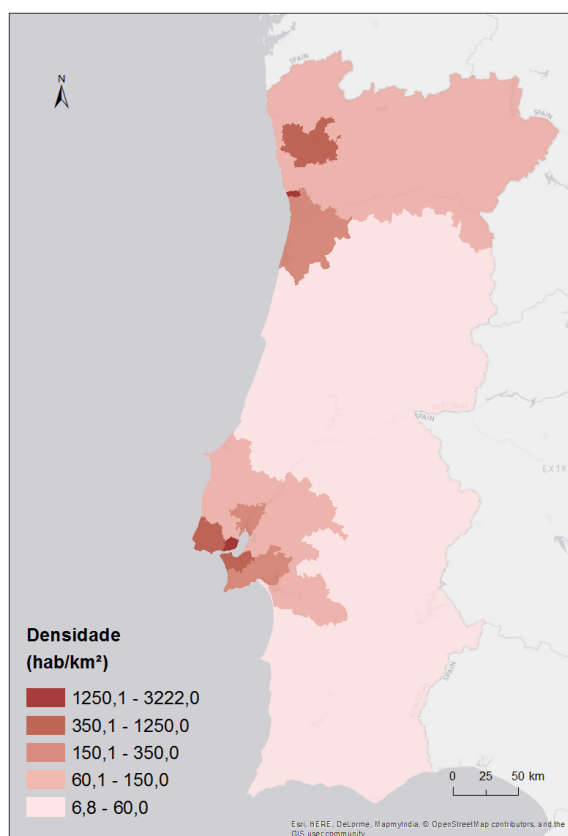


Figura 5.47 - Densidade de população com idade para dar sangue por área de influência.

Na Figura 5.48 estão os 10 centros de dádiva cujas áreas de influência têm maior densidade de população com idade para ser dador. Em primeiro lugar está o IPO de Lisboa, seguindo-se do IPST do Porto e do Hospital Garcia de Orta.



Figura 5.48 - Top 10 de centros de dádiva de sangue cuja área de influência tem maior densidade de população com idade para ser dador.

Com o modelo de Huff é possível também criar áreas de influência e potencial de mercado para cada uma das localizações.

5.5 MODELO DE LOCALIZAÇÃO-ALOCAÇÃO

Partindo do pressuposto estratégico do IPST, que visa alocar recursos em mais postos fixos que já disponham de meios para a dádiva de sangue em detrimento de brigadas móveis, foi realizado o modelo de localização-alocação.

Esta operação incorpora a rede de estradas nacional para os cálculos das distâncias. As análises realizadas baseiam-se nos aspetos teóricos e metodológicos anteriormente discutidos. A aplicação foca-se na análise da justiça espacial do acesso aos serviços de saúde, considerada como uma questão fundamental do processo de desenvolvimento com recurso a SIG no âmbito de estudos da geografia de saúde (Buzai, 2009; Fuenzalida, 2010).

Os possíveis locais de alocação de centros de dádiva são os hospitais públicos de Portugal e o método utilizado foi o de maximização do atendimento (*maximize attendance*). Para os pontos de procura foram utilizados os centros geométricos das subsecções estatísticas com os valores da população. Este método escolhe as instalações de forma que a maximizar a alocação da procura às instalações, enquanto se assume que o peso da procura diminui face à distância entre a instalação e o ponto de procura. Com foi dito anteriormente, as instalações com pouca ou nenhuma concorrência, beneficiam deste tipo de problema.

Este modelo foi executado três vezes com parâmetros distintos (Quadro 5.7).

Quadro 5.7 - Parâmetros do modelo de localização-alocação.

	<i>Distância (min)</i>	<i>Centros de dádiva (nº)</i>
<i>1ª execução</i>	30	36
<i>2ª execução</i>	45	40
<i>3ª execução</i>	60	40

Na primeira execução são utilizados parâmetros mais restritivos, com uma distância mais curta (30 minutos) e com a alocação de mais 5 centros de dádiva (Figura 5.49). Estes parâmetros podem ser utilizados caso se disponha de menos recursos.

Os 5 hospitais resultantes deste modelo são:

1. Hospital de Santo André – Leiria;
2. Hospital Senhora da Oliveira – Guimarães;
3. Hospital Infante D. Pedro – Aveiro;
4. Hospital Distrital das Caldas da Rainha;
5. Hospital Padre Américo – Penafiel.

Neste modelo a área de influência dos 36 postos fixos abrange 224 municípios num total de 5 539 481 residentes com idade para ser dador de sangue. A maioria dos municípios não abrangidos encontram-se no Nordeste do território continental. De salientar que em alguns municípios, como Arganil, Coruche, Odemira, Ourique ou Mértola, a área abrangida a 30 minutos é muito reduzida.

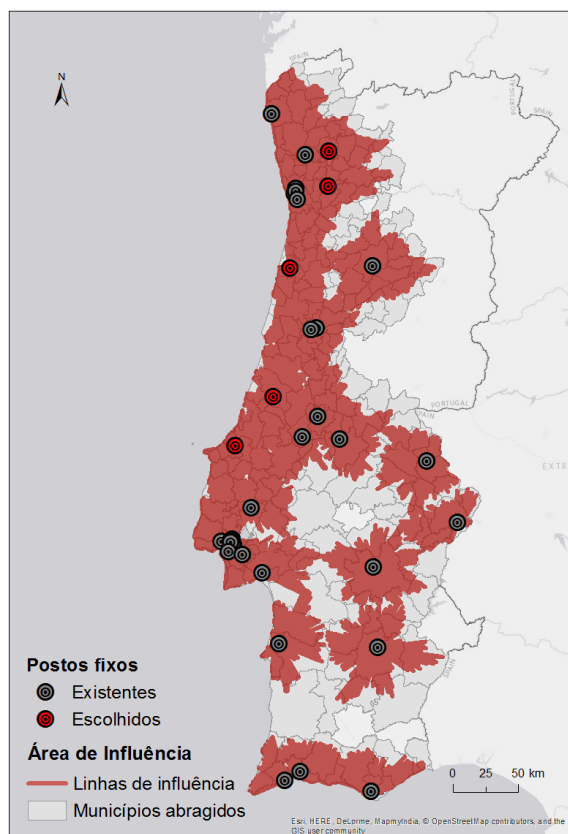


Figura 5.49 - Postos fixos escolhidos e área de influência a 30 minutos.

Na segunda execução foi utilizada a distância de 45 minutos e a alocação de mais 9 centros de dádiva em hospitais públicos (Figura 5.50).

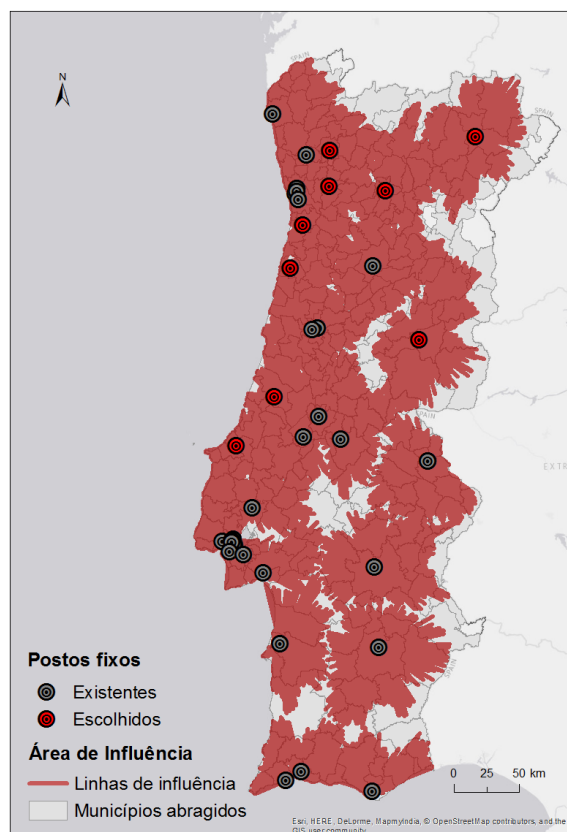


Figura 5.50 - Postos fixos escolhidos e área de influência a 45 minutos.

Os 9 hospitais resultantes deste modelo são:

1. Hospital de Santo André – Leiria;
2. Hospital Senhora da Oliveira – Guimarães;
3. Hospital Infante D. Pedro – Aveiro;
4. Hospital Distrital das Caldas da Rainha;
5. Hospital Padre Américo – Penafiel.
6. Hospital de São Sebastião – Santa Maria da Feira;
7. Hospital Distrital do Fundão;
8. Hospital Dom Luiz I – Peso da Régua;
9. Unidade Hospitalar de Macedo de Cavaleiros.

Neste modelo a área de influência dos 40 postos fixos abrange 272 municípios num total de 5 875 453 residentes com idade para ser dador de sangue. Ficam de fora os municípios de Melgaço, Miranda do Douro, Freixo de Espada à Cinta, Penedono, Figueira de Castelo Rodrigo e Barrancos. Continuam ainda a existir alguns municípios que não são totalmente abrangidos. Comparativamente com o modelo anterior neste modelo são abrangidos mais 335 972 residentes com idade para ser dador de sangue.

Na terceira execução foi utilizada a distância de 60 minutos e a alocação de mais 9 centros de dádiva em hospitais públicos (Figura 5.51). Esta distância foi escolhida para alcançar uma maior abrangência do país.

Os 9 hospitais resultantes deste modelo são:

1. Hospital de Santo André – Leiria;
2. Hospital Senhora da Oliveira – Guimarães;
3. Hospital Infante D. Pedro – Aveiro;
4. Hospital Distrital das Caldas da Rainha;
5. Hospital Padre Américo – Penafiel.
6. Hospital de São Sebastião – Santa Maria da Feira;
7. Hospital Distrital do Fundão;
8. Hospital Dom Luiz I – Peso da Régua;
9. Hospital Padre Américo – Penafiel.

Neste modelo existe uma diferença nos postos fixos escolhidos, onde em vez da Unidade Hospitalar de Macedo de Cavaleiros foi escolhido o Hospital Padre Américo em Penafiel. Estes dois hospitais localizam a cerca de 19,5 km um do outro.

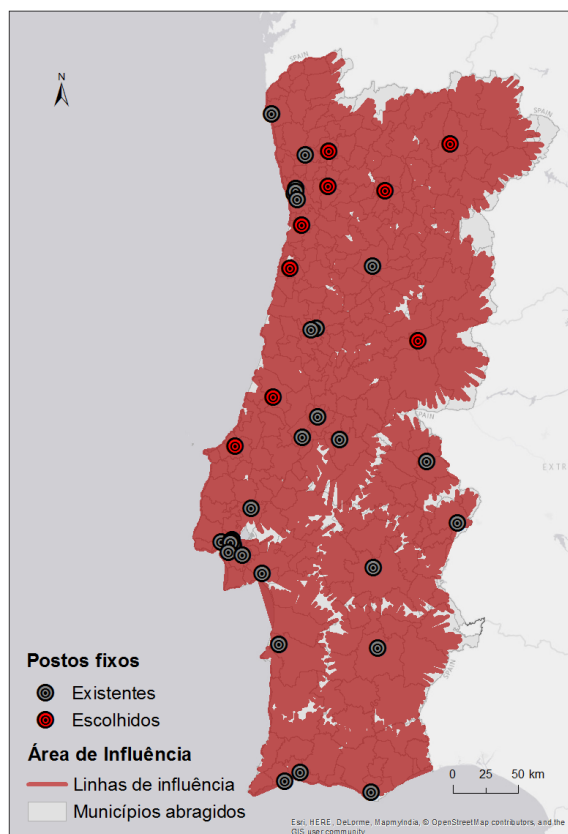


Figura 5.51 - Postos fixos escolhidos e área de influência a 60 minutos.

A área de influência dos 40 postos fixos abrange 278 municípios num total de 5 890 326 residentes com idade para ser dador de sangue e fica de fora apenas o município de Barrancos.

Comparativamente com o modelo anterior neste modelo são abrangidos mais 14 873 residentes com idade para ser dador de sangue e é abrangida quase a totalidade do território. De notar ainda que nas 3 execuções do modelo o Hospital de Santo André (Leiria), o Hospital Senhora da Oliveira (Guimarães), o Hospital Infante D. Pedro (Aveiro), o Hospital Distrital das Caldas da Rainha e o Hospital Padre Américo (Penafiel) foram escolhidos pois, apesar de estarem próximos de outros centros de dádiva fixos, encontram-se em áreas com muita população que justificam *per se* a existência de mais centros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilização da solução *Mapidea Location Analytics* ao IPST (com apresentação oficial nas comemorações do dia mundial do dador, 14-06-2016), cumpriu o objetivo principal deste estágio ao apoiar o IPST na gestão de dádvas de sangue. Com a informação disponibilizada é possível, a qualquer pessoa dentro do IPST que tenha um *user name*, realizar várias análises de acordo com as necessidades que existam, visualizá-las espacialmente e partilhá-las com quem for conveniente. De futuro continuará a ser possível acrescentar mais informação, com o método utilizado no estágio bem como através de um sistema que permite a atualização automática dos dados, sendo para isso necessário uma otimização dos dados do IPST. Além disso, perspetiva-se a possibilidade de proceder a uma visão temporal dos dados.

Analizados os resultados, é no município Lisboa que foram efetuadas mais dádvas de sangue. Lisboa e Porto têm o maior número de dadores regulares e novos dadores, o que se explica pelo facto de serem os municípios com mais população. Nos municípios de Vale de Cambra, Constância e Arouca existe a maior taxa de fidelização de dadores, com valores entre os 7 e os 8%. Por outro lado, nos municípios de Constância, São João da Madeira e Porto registam-se os valores mais altos da taxa de captação de dadores, que rondam os 3 e os 4%. A estes bons resultados de alguns municípios localizados no norte de Portugal, junta-se o facto dos 10 municípios com uma maior taxa de aprovação se localizarem também a norte e pertencerem ao Centro de Sangue do Porto.

De acordo com os resultados da regressão linear múltipla, municípios como Porto, Santa Maria da Feira, Braga e Guimarães estão acima das expectativas no que diz respeito às dádvas recolhidas, tendo em conta as suas características. Coimbra, Figueira da Foz, Sintra, Aveiro e Lisboa, entre outros, ficaram abaixo das expectativas. Existem ainda municípios como Odivelas, Vila Nova de Famalicão, Vila do Conde e Barreiro que com uma população superior a 50 000 habitantes registam menos de 1 000 dadores regulares.

O resultado da análise de densidades feita mostra que existem 170 municípios que são estatisticamente significantes. Os *clusters* espaciais altos concentram-se na área metropolitana de Lisboa (AML), na área do Oeste e a norte na área metropolitana do Porto (AMP), Guimarães, Barga e Viana do Castelo, o que significa que existe uma relação entre o número de dádvas e a localização. Já em municípios no interior do país é possível perceber que existem *clusters* espaciais negativos, indicando padrões espaciais dispersos.

Os focos de densidade das brigadas móveis são maioritariamente em locais com mais população como na área metropolitana do Porto e de Lisboa, e na faixa litoral que intermeia essas duas áreas.

Relativamente ao facto de o IPST pretender a substituição mais de 50% das brigadas móveis por colheitas em postos fixos e com horários flexíveis durante a semana, localizados em hospitais ou noutros locais preparados e bem identificados para o fim, foram realizados quatro tipo de análises de áreas de influência, para ajudar a perceber onde há falta de cobertura. Foram ainda realizadas três execuções de um modelo de localização-alocação para compreender quais os melhores locais (hospitais) para implementar mais centros de dádiva de sangue fixos.

Relativamente às áreas de influência oficiais, os distritos de Leiria, Aveiro, Braga, Vila Real, Bragança, Guarda e Castelo Branco são os menos abrangidos pelas áreas de influência oficiais dos postos fixos de dádiva de sangue. No que diz respeito às áreas de influência por raio de distância, os resultados são semelhantes sendo que o distrito de Beja também é muito pouco abrangido. Utilizando o método de delimitação de áreas de influência através da rede viária, foi possível observar que 28 municípios, maioritariamente do NE de Portugal Continental se localizam a mais de 60 minutos de um posto fixo de dádiva de sangue, o que pode fazer com que a deslocação com objetivo de doação de sangue seja menos frequente, não se conseguido assim a fidelização de dadores destes locais. Por fim o modelo de Huff mostrou qual o poder de atratividade de cada posto fixo, percebendo-se que existem postos fixos cuja área de influência foi absorvida. Estes postos são o Hospital Dona Estefânia e o Hospital Santa Maria, em Lisboa, e o Hospital Santo António e o IPO, no Porto.

Os resultados do modelo de localização-alocação demonstram que os melhores locais para localizar um posto fixo de dádiva de sangue, maximizando o atendimento, são o Hospital de Santo André (Leiria), o Hospital Senhora da Oliveira (Guimarães), o Hospital Infante D. Pedro (Aveiro), o Hospital Distrital das Caldas da Rainha, o Hospital Padre Américo (Penafiel) e a Unidade Hospitalar de Macedo de Cavaleiros.

Este trabalho contou com algumas dificuldades, nomeadamente na obtenção e posterior tratamento dos dados, pois na sua grande parte só estavam disponíveis em papel e apenas foram disponibilizados dados relativos ao ano de 2014. O tratamento de um volume de dados destas dimensões é um processo moroso pois é necessário extrema concentração para diminuir ao máximo possíveis erros humanos.

Outra dificuldade prende-se ao facto de pelo volume de dados disponíveis, o tempo de processamento de modelos como o de localização-alocação tem uma duração que por vezes é superior a 24 horas.

Também não foi possível fazer um conjunto de análises a um nível micro, muito características do Geomarketing e que seriam uma grande mais-valia para o trabalho desenvolvido, pois o IPST não dispõe de uma base de dados dos dadores, com dados como grupo sanguíneo, morada ou código-postal, este último que pode ser utilizado para garantir a confidencialidade da identidade dos dadores. Com estes dados é possível conhecer melhor o comportamento de dadores, bem como realizar promoções de dádivas mais focadas no público-alvo, permitindo uma maior especificidade na dádiva de sangue fazendo com que a autossuficiência seja conseguida sem desperdício de grupos de baixa utilização (AB e B). Propõe-se também, para além da construção desta base de dados, a uniformização dos dados das brigadas, postos fixos e dadores. Estes são sem dúvida pontos a melhorar que irão permitir uma continuação do trabalho realizado, permitindo uma mudança na relação com as associações de dadores e diminuindo os custos de alocação de recursos, gerando resultados que poderão mudar o paradigma das dádivas de sangue em Portugal.

Com o apoio da *Mapidea Location Analytics* e dos métodos utilizados o IPST já registou resultados muito positivos, destacando-se a diminuição do número de brigadas que levou a uma utilização de menos recursos para se obter o mesmo número de dádivas. Esta melhor distribuição e gestão de recursos a nível nacional, contribuiu então para um acesso mais equitativo aos meios de saúde.

Estão ainda previstas formações na ferramenta nos Centros de Sangue de Coimbra e Porto para que esta chegue a cada vez mais utilizadores dentro do IPST bem como a inclusão das considerações finais do trabalho desenvolvido no Plano de Atividades de 2017 do IPST.

BIBLIOGRAFIA

- Adler, N., Hakkert, A.S., Kornbluth, J., Raviv, T., Sher, M., 2014. Location-allocation models for traffic police patrol vehicles on an interurban network. *Ann. Oper. Res.* 221, 9–31. doi:10.1007/s10479-012-1275-2
- Aird, W.C., 2011. Discovery of the cardiovascular system: From Galen to William Harvey. *J. Thromb. Haemost.* 9, 118–129. doi:10.1111/j.1538-7836.2011.04312.x
- Baxendale, C.A., Bevilaqua, L., Buzai, G.D., Moreno Jiménez, A., Semorile, A., Avalos, D.V., 2008. *Análisis y planificación de servicios colectivos con sistemas de información geográfica*, 1.^a ed. Universidad Autónoma de Madrid y Universidad Nacional de Luján, Madrid.
- Beavon, K.S.O., 1980. *Geografía de las actividades terciarias*. Barcelona.
- Beckmann, M.J., 1988. Information Technology and Location, em: Orishimo, I., Hewings, G.J.D., Nijkamp, P. (Eds.), *Information Technology: Social and Spatial Perspectives: Proceedings of an International Conference on Information Technology and its Impact on the Urban-Environmental System Held at the Toyohashi University of Technology, Toyohashi, Japan, November 1986*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 153–160. doi:10.1007/978-3-642-48638-8_13
- Berry, B.J.L., 1971. *Geografía de los centros de mercado y distribución al por menor*. Barcelona.
- Besterman, E.M.M., 2004. William Harvey and his discovery of the circulation of the blood. *West Indian Med. J.* 53, 425–426. doi:10.1186/2040-2384-1-3
- Bosque Sendra, J., 2004. El uso de SIG para localizar equipamientos e instalaciones, em: Bosque Sendra, J., Moreno Jiménez, A. (Eds.), *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma, Madrid, pp. 103–120.
- Bosque Sendra, J., Gomés Delgado, M., Moreno Jiménez, A., Dal Pozzo, F., 2000. Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos. *Estud. Geográficos* 61, 567–598.
- Bosque Sendra, J., Jiménez, A.M., 2004. La localización óptima como problema: cuestiones teóricas y metodológicas, em: Bosque Sendra, J., Moreno Jiménez, A. (Eds.), *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma,

Madrid, pp. 3–16.

- Boulos, M.N.K., 2004. Towards evidence-based, GIS-driven national spatial health information infrastructure and surveillance services in the United Kingdom. *Int. J. Health Geogr.* 3, 1. doi:10.1186/1476-072X-3-1
- Brainard, J.S., Lovett, A.A., Bateman, I.J., 1997. Using isochrone surfaces in travel-cost models. *J. Transp. Geogr.* 5, 117–126. doi:10.1016/S0966-6923(96)00074-9
- Burnett, J.J., 1982. Examining the profiles of the donor and nondonor through a multiple discriminant approach. *Transfusion* 22, 138–142. doi:10.1046/j.1537-2995.1982.22282177121.x
- Buzai, G., 2013. Location – allocation models applied to urban public services . Spatial analysis of Primary Health Care Centers in the city of Luján , Argentina. *Hungarian Geogr. Bull.* 62, 387–408.
- Buzai, G., Baxendale, C., 2011. *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar Editorial, Buenos Aires.
- Buzai, G.D., 2009. *Sistemas de Información Geográfica en Geografía de la Salud*, em: Pickenhayn, J.A. (Ed.), *Salud y enfermedad en Geografía*. Lugar Editorial, Buenos Aires, pp. 111–134.
- Carey, H.C., 1958. *Principles of Social Science*. J. B. Lippincott & Company, Philadelphia.
- Carrothers, G.A.P., 1956. An Historical Bedew of the Gravity and Potential Concepts of Human Interaction. *J. Am. Inst. Plann.* 22, 94–112. doi:10.1080/01944365608979229
- Castillo-Salgado, C., 1996. Use of geographic information systems in epidemiology (GIS-Epi). *Epidemiol. Bull.* 17, 1–6.
- Caunhye, A.M., Li, M., Nie, X., 2015. A location-allocation model for casualty response planning during catastrophic radiological incidents. *Socioecon. Plann. Sci.* 50, 32–44. doi:10.1016/j.seps.2015.02.001
- Cavion, R., Philips, J., 2006. Os Fundamentos do Geomarketing: Cartografia, Geografia e Marketing. *Congr. Bras. Cadastro Técnico ...* 1–9.
- Christaller, W., 1933. *Die zentralen Orte in Süddeutschland: eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmässigkeit der Verbreitung und Entwicklung der*

Siedlungen mit städtischen Funktionen, 2.^a ed.

Christidis, T., Law, J., 2013. Mapping Ontario's Wind Turbines: Challenges and Limitations. *ISPRS Int. J. Geo-Information* 2, 1092–1105. doi:10.3390/ijgi2041092

Church, R.L., Sorensen, P., 1994. Integrating Normative Location Models into GIS: Problems and Prospects with the p-median Model. Technical Report 94-5.

Cinnamon, J., Rinner, C., Cusimano, M.D., Marshall, S., Bekele, T., Hernandez, T., Glazier, R.H., Chipman, M.L., 2010. Online Map Design for PublicHealth Decision Makers. *Cartogr. Int. J. Geogr. Inf. Geovisualization* 44, 289–300. doi:10.3138/carto.44.4.289

Cinnamon, J., Rinner, C., Cusimano, M.D., Marshall, S., Bekele, T., Hernandez, T., Glazier, R.H., Chipman, M.L., 2009. Evaluating web-based static, animated and interactive maps for injury prevention. *Geospat. Health* 4, 3–16. doi:10.4081/gh.2009.206

Clark, C., 1951. Urban population density. *J. R. Stat. Soc. Ser. A*. doi:10.1080/0020739790100309

Clarke, K.C., McLafferty, S.L., Tempalski, B.J., 1996. On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. *Emerg. Infect. Dis.*

Cliquet, G., 2006. *GEOMARKETING, Methods and strategies in spacial marketing*. ISTE Ltd.

Comber, A., Dickie, J., Jarvis, C., Phillips, M., Tansey, K., 2015. Locating bioenergy facilities using a modified GIS-based location–allocation–algorithm: Considering the spatial distribution of resource supply. *Appl. Energy* 154, 309–316. doi:10.1016/j.apenergy.2015.04.128

Cooper, L., 1963. Location-Allocation Problems. *Oper. Res.* 11, 331–343.

Cromley, E.K., 2003. GIS and Disease. *Annu. Rev. Public Health* 24, 7–24. doi:10.1146/annurev.publhealth.24.012902.141019

Croner, C.M., 2003. Public health, GIS, and the Internet. *Annu Rev Public Heal.* 24. doi:10.1146/annurev.publhealth.24.012902.140835

Densham, P.G., 1991. Spatial Decision Support Systems, em: Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D.W. (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. London, pp. 403–412.

Densham, P.J., Rushton, G., 1992. A more efficient heuristic for solving large-p-median

- problems. *Pap. Reg. Sci.* 71, 307–329. doi:10.1007/BF01434270
- Ebdon, D., 1985. *Statistics in geography*. Blackwell's Book Services, Oxford.
- Edelman, L.S., 2007. Using geographic information systems in injury research. *J. Nurs. Scholarsh.* 39, 306–11. doi:10.1111/j.1547-5069.2007.00185.x
- ElMaghawry, M., Zanatta, A., Zampieri, F., 2014. The discovery of pulmonary circulation: From Imhotep to William Harvey. *Glob. Cardiol. Sci. Pract.* 2014, 103–16. doi:10.5339/gcsp.2014.31
- Fisher, R.P., Myers, B.A., 2011. Free and simple GIS as appropriate for health mapping in a low resource setting: a case study in eastern Indonesia. *Int. J. Health Geogr.* 10, 1–11. doi:10.1186/1476-072X-10-15
- Fotheringham, A.S., Densham, P.J., Curtis, A., 1995. The zone definition problem in location-allocation modeling. *Locat. Sci.* 3, 64. doi:10.1016/0966-8349(95)97848-E
- Fu, P., Sun, J., 2011. GIS In the web era. *Web GIS Princ. Appl.* xiv, 296 . doi:9781589482456 2010
- Fu, P., Zhu, Y., Sun, J., 2011. Hot Topics and New Frontiers, em: Fu, P., Sun, J. (Eds.), *Web GIS: Principles and Applications*. ESRI Press, Redlands, CA, USA, pp. 249–280.
- Fuenzalida, M., 2010. Análisis de desigualdades territoriales en la oferta de equipamientos públicos : El caso de los hospitales en la red asistencial del sistema público de salud en Chile. *Geografía y Sist. Inf. Geográfica* 1, 111–125.
- Gatrell, A.C., Bailey, T.C., Diggle, P.J., Rowlingson, B.S., Rowlingsont, B.S., 1996. Point Spatial application pattern analysis geographical epidemiology. *Trans. Inst. Br. Geogr.* 21, 256–274.
- Giangrande, P.L.F., 2000. The history of blood transfusion. *Br. J. Haematol.* 110, 758–767. doi:10.1046/j.1365-2141.2000.02139.x
- Goldberg, D.W., 2008. *A Geocoding Best Practices Guide*, GIS Research Laboratory. doi:10.1.1.119.714
- Goldberg, D.W., Wilson, J.P., Knoblock, C.A., 2007. From Text to Geographic Coordinates: The Current State of Geocoding. *URISA J.* 19, 33–46. doi:10.1.1.119.714
- Hanchette, C.L., 2003. *Public Health Informatics and Information Systems*, em: O'Carroll,

- P.W., Ripp, L.H., Yasnoff, W.A., Ward, M.E., Martin, E.L. (Eds.), . Springer New York, New York, NY, pp. 431–466. doi:10.1007/0-387-22745-8_21
- Hill, L.L., 2006. Georeferencing: The Geographic Associations of Information.
- Hinkle, D., Wiersma, W., Jurs, S., 2003. Applied Statistics for the Behavioral Sciences, 5th ed. Houghton Mifflin.
- Hodgson, M.J., Leontien, A., Storrier, G., 1995. Functional error in geographical analysis: the case of spatial separation in location-allocation. *Geogr. Syst.* 2, 59–82.
- Hodgson, M.J., Rosing, K.E., Leontien, A., Storrier, G., 1996. Applying the flow-capturing location-allocation model to an authentic network: Edmonton, Canada. *Eur. J. Oper. Res.* 90, 427–443. doi:10.1016/0377-2217(95)00034-8
- Hollingsworth, B., Wildman, J., 2004. What population factors influence the decision to donate blood? *Transfus. Med.* 14, 9–12. doi:10.1111/j.0958-7578.2004.00473.x
- Huff, D.L., 1964. Defining and Estimating a Trading Area. *J. Mark.* 28, 34–38. doi:10.2307/1249154
- Isard, W., 1960. *Methods of Regional Analysis; an Introduction to Regional Science*, Cambridge: Published jointly by the Technology Press of the Massachusetts Institute of Technology and Wiley. New York.
- J. Meletis, 2010. The beliefs, myths and reality surrounding the word Haema (blood), from Homer to the present time. *Arch. Hell. Med.* 27, 984–991.
- Jiménez, A.M., 2004. Modelos de localización óptima de instalaciones y equipamientos, em: *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. pp. 53–101.
- Jones, H.W., Mackmull, G., 1928. the Influence of James Blundell on the Development of Blood Transfusion. *Ann. Med. Hist.* 10, 242–248.
- Jones, K., Simmons, J., 1987. *Location, Location, Location: analyzing the retail environment*. Nelson, Toronto, Canada.
- Kearns, F.R., Kelly, M., Tuxen, K.A., 2003. Everything Happens Somewhere: Using WebGIS as a Tool for Sustainable Natural Resource Management. *Front. Ecol. Environ.* 1, 541–548.

- Kemp, K.K. (Ed.), 2008. Encyclopedia of Geographic Information Science. SAGE.
doi:10.4135/9781412953962
- Kotler, P., 2000. Marketing Management , Millenium Edition. Mark. Manag. 23, 188–193.
doi:10.1016/0024-6301(90)90145-T
- Landsteiner, K., 1901. Ueber Agglutinationserscheinungen normalen menschlichen Blutes.
Wien. Klin. Wochenschr.
- Latour, P., Floc'h, J. Le, 2001. Geomarketing: Principes, méthodes et applications. Editions d'Organisation.
- Lea, A., Simmons, J., 1995. Location-Allocation Models for Retail Site Selection: The N Best Sites in the Toronto Region. Research report Nr. 1. Toronto.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W., 2011. Geographical Information Systems and Science, City. doi:10.2307/215736
- Love, F.R., Morris, G.J., 1972. Modelling Inter-city Road Distances by Mathematical Functions. J. Oper. Res. Soc. 23, 61–71. doi:10.1057/jors.1972.6
- Luan, H., Law, J., 2014. Web GIS-Based Public Health Surveillance Systems: A Systematic Review. ISPRS Int. J. Geo-Information 3, 481–506. doi:10.3390/ijgi3020481
- Lyseen, A., Hansen, H., 2014. Spatial and Semantic Validation of Secondary Food Source Data. ISPRS Int. J. Geo-Information 3, 236–253. doi:10.3390/ijgi3010236
- MacLachlan, J.C., Jerrett, M., Abernathy, T., Sears, M., Bunch, M.J., 2007. Mapping health on the Internet: A new tool for environmental justice and public health research. Heal. Place 13, 72–86. doi:10.1016/j.healthplace.2005.09.012
- Martins E Silva, J., 2008. Leonardo Da Vinci e as Primeiras Observações Hemodinâmicas. Rev. Port. Cardiol. 27, 243–272.
- Mestre, A.M., Oliveira, M.D., Barbosa-Póvoa, A.P., 2014. Location-allocation approaches for hospital network planning under uncertainty. Eur. J. Oper. Res. 240, 791–806.
doi:10.1016/j.ejor.2014.07.024
- Millar, A.B., Gruenewald, P.J., 1997. Use of spatial models for community program evaluation of changes in alcohol outlet distribution. Addiction 92.
- Moore, D. a, Carpenter, T.E., 1999. Spatial analytical methods and geographic information

systems: use in health research and epidemiology. *Epidemiol. Rev.* 21, 143–161.
doi:10.1093/oxfordjournals.epirev.a017993

Moreno Jiménez, A., 1995. Planificación y gestión de servicios a la población desde la perspectiva territorial: algunas propuestas metodológicas. *Boletín la Asoc. Geógrafos Españoles* 115–134.

Naghattini, M., Pinto, É., 2007. *Hidrologia Estatística*. Ernesto von Sperling, José Maurício Henriques Soares, Belo Horizonte.

Nash, D., Elul, B., Rabkin, M., Tun, M., Saito, S., Becker, M., Nuwagaba-Biribonwoha, H., 2009. Strategies for more effective monitoring and evaluation systems in HIV programmatic scale-up in resource-limited settings: Implications for health systems strengthening. *J. Acquir. Immune Defic. Syndr.* 52 Suppl 1, S58–S62.
doi:10.1097/QAI.0b013e3181bbcc45

Nykiforuk, C., Flaman, L.M., 2009. Geographic information systems (GIS) for Health Promotion and Public Health: a review. *Health Promot. Pract.* 12, 63–73.
doi:10.1177/1524839909334624

O'Reagan, R.T., Saalfeld, A., 1987. *Geocoding theory and practice at the Bureau of the Census*. Washington, D.C.

Olsson, G., 1965. Distance and Human Interaction. A Migration Study. *Geogr. Ann. Ser. B, Hum. Geogr.* 44, 3–43. doi:10.2307/490577

Paradis, E., 2011. Moran ' s Autocorrelation Coefficient in Comparative Methods. *ReCALL* 2, 1–9.

Pfeiffer, D., 1996. Issues related to handling of spatial data. *Massey Univ. Palmerst. North* 23–28.

Rahman, S., Smith, D.K., 2000. Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations. *Eur. J. Oper. Res.* 123, 437–452.
doi:10.1016/S0377-2217(99)00289-1

Ramirez, M.L., Bosque Sendra, J., 2001. Localización de Hospitales : analogías y diferencias del uso del modelo P-mediano en SIG raster y vectorial. *An. Geogr. la Univ. Complut. Madrid* 21, 53–79.

Ravenstein, E.G., 1885. The Laws of Migration. *J. Stat. Soc. London* 48, 167–235.

- Reilly, W.J., 1931. *The Law of Retail Gravitation*. Knickerbocker Press, New York.
- Richards, T.B., Croner, C.M., Rushton, G., Brown, C.K., Fowler, L., 1999. *Information Technology: Geographic Information Systems and Public Health: Mapping the Future*. Public Health Rep.
- Robinson, S., Kaplan, V., 2012. *The Geocoding Advantage: Best Practices for Managing Customer and Location-based Data in Telecommunications*.
- Rocha, F.J., 2012. *Sistemas Complexos, Modelação e Geosimulação da Evolução de Padrões de Uso e Ocupação do Solo*. Diss. Doutor. em Geogr.
- Rushton, G., Armstrong, M.P., Greene, B.R., Pavlik, C.E., West, M.M., Zimmerman, D.L., Group, F., 2008. *Geocoding Health Data: The Use of Geographic Codes in Cancer Prevention and Control, Research, and Practice*.
- Rushton, G., Elmes, G., McMaster, R., 2000. Considerations for Improving Geographic Information System Research in Public Health. *J. Urban Reg. Inf. Syst. Assoc.* 12, 31–49.
- Rushton, G., Krishnamurthy, R., Krishnamurti, D., Lolonis, P., Song, H., 1996. The spatial relationship between infant mortality and birth defect rates in a U.S. city. *Stat Med* 15, 1907–1919.
- Salado García, M.J., 2004. Localización de los equipamientos colectivos, accesibilidad y bienestar social, em: Bosque Sendra, J., Moreno Jiménez, A. (Eds.), *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Ra-Ma, pp. 17–51.
- Saldiva, C.D., Alvarenga, G., 2003. *Correlação e Regressão*. Tempo 1–8.
- Schwarz, H.P., Dorner, F., 2003. Karl Landsteiner and his major contributions to haematology - Historical Review. *Br. J. Haematol.* 556–565.
- Shaw, E.H., Jones, D.G.B., 2005. A history of schools of marketing thought. *Mark. Theory* 5, 239–281. doi:10.1177/1470593105054898
- Shekar, S., Xiong, H. (Eds.), 2008. *Encyclopedia of GIS, Control*. Springer New York. doi:10.1007/978-0-387-35973-1

- Snow, J., 1855. On the mode of communication of cholera. John Churchill, London.
- Stewart, J.Q., 1942. A Measure of the Influence of a Population at a Distance. *Sociometry* 5, 63–71. doi:10.2307/2784954
- The Quad Council, 1993. Population-focused practice. Washington, DC.
- Thrall, G.I., 2002. BUSINESS GEOGRAPHY AND NEW REAL ESTATE MARKET ANALYSIS. Oxford University Press, Inc.
- Tobler, W.R., 1970. A Computer Movie Simulation Urban Growth in Detroit Region. *Econ. Geogr.* 46, 234–240. doi:10.1126/science.11.277.620
- Toledo-Pereyra, L.H., 2002. Claudius Galenus of Pergamum: Surgeon of gladiators. Father of experimental physiology. *J. Investig. Surg.* 15, 299–301. doi:10.1080/08941930290086100
- Tran, C., Yost, R., Yanagida, J., Saksena, S., Fox, J., Sultana, N., 2013. Spatio-Temporal Occurrence Modeling of Highly Pathogenic Avian Influenza Subtype H5N1: A Case Study in the Red River Delta, Vietnam. *ISPRS Int. J. Geo-Information* 2, 1106–1121. doi:10.3390/ijgi2041106
- Tukey, J.W., 1993. Exploratory Data Analysis: Past, Present and Future 102. doi:10.1002/bimj.4710230408
- von Thünen, J.H., 1826. *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, 1st ed. Hamburg.
- Weber, A., 1909. *Über den Standort der Industrien*. Tübingen, J.C.B. Mohr (Paul Siebeck). doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Wier, K.R., Robertson, J.G., 1998. Teaching Geographic Information Systems for Social Work Applications. *J. Soc. Work Educ.* 34, 81–96. doi:10.1080/10437797.1998.10778907
- Wilkie, W.L., Moore, E.S., 2003. Scholarly Research in Marketing: Exploring the «4 Eras» of Thought Development. *J. Public Policy Mark.* 22, 116–146. doi:10.1509/jppm.22.2.116.17639
- Willerson, J.T., Teaff, R., 1996. Egyptian contributions to cardiovascular medicine. *Texas Hear. Inst. J.* 23, 191–200.

- Yasnoff, W.A., Miller, P.L., 2014. Public Health Informatics and Information Systems, em: Magnuson, J.A., Fu Jr., C.P. (Eds.), . Springer London, London, pp. 449–467.
doi:10.1007/978-1-4471-4237-9_23
- Young, E.C., 1924. The movement of farm population. Cornell University Agricultural Experiment Station.
- Zhong, S., Chen, Y., Zhou, J., 2015. Fuzzy random programming models for location-allocation problem with applications. *Comput. Ind. Eng.* 89, 194–202.
doi:10.1016/j.cie.2014.11.013
- Zipf, G.K., 1946. The P1 P2/D Hypothesis: On the Intercity Movement of Persons. *Am. Sociol. Rev.* 11, 677–686.